

认识月球

主编　张金方　邓先明　●编写　戚　飞

中国建材工业出版社

TIAN WEN AI HAO ZHE CONG SHU

责任编辑：王苏娅
封面设计：郭　媛

天文爱好者丛书

策划：北京汉洲文化艺术有限责任公司



ISBN 7-80090-816-X/G·144
(共 12册) 总定价：70.00元

天文爱好者丛书⑦

认识月球

编写 戚飞

中国建材工业出版社

目　录

认识月球

皓月传真

月球与人类

认识月球

“床前明月光，疑是地上霜，举头望明月，低头思故乡。”李白的这首《静夜思》，不知为多少代人所吟诵。它反映了诗人对皎洁月光的赞美，更抒发了游子的思乡之情。古往今来，以月亮为题抒情感怀的文人墨客数不胜数。“嫦娥奔月”的故事在民间广为流传，可以说是家喻户晓，妇孺皆知。每当盛夏的夜晚，老奶奶总是一边摇着扇子，一边给小孙孙讲述着这个古老的故事：巍峨的广寒宫，寂寞无助的嫦娥，被吴刚砍了又长，长了又砍的桂花树，三条腿的哈蟆，会捣药的小白兔，……。

在古希腊的神话中，月亮女神的名字叫阿尔特弥斯，她不但有花一样的容貌，而且武艺非凡，常常背着弓箭在山林中追捕猎物，所以又是狩猎

女神。

月球在我国古代诗文中有许多有趣的美称：

玉兔（著意登楼瞻玉兔，何人张幕遮银阙——辛弃疾）；夜光（夜光何德，死则又有？——屈原）；素娥（素娥即月亮之别称——《幼学琼林》）；冰轮（玉钩定谁挂，冰轮子老辙——陆游）；玉轮（玉轮轧露湿团光，鸾珮相逢桂香陌——李贺）；玉蟾（凉烟霭外，三五玉蟾秋——方干）；桂魄（桂魄飞来光——贾岛）；顾菟（阳鸟未出谷，顾菟半藏身——李白）；婵娟（但愿人长久，千里共婵娟——苏轼）。此外，月球还有许多别致的雅号，如玉弓、姮娥、玉桂、玉盘、玉钩、玉镜、冰镜、广寒宫、嫦娥、玉羊等。

月球起源的几种假说

自古以来，月亮在人们心目中的地位仅次于太阳。晴朗的夜晚，皓月当空，令人生出无限的情思遐想，文人墨客更是赋予月亮许多的笔墨。北宋词人苏东坡《水调歌头》中的“明月几时有？把酒问青天。不和天上宫阙，今夕是何年。”；唐朝诗人张若虚《春江花月夜》一诗中的“江土何人初见月，江月何年初照人”，都可称得

上是脍炙人口的咏月佳句。

月球是离我们最近的一个天体，月球中心与地球中心的平均距离只有38.44万公里，相当于地球半径的60倍，或相当于9次多环球旅行的行程。

月球的平均直径是347.8公里，大约是地球直径的1/4。月球的面积是3800万平方公里，差不多是地球面积的1/14，比我们亚洲的面积略大一些。月球的体积是220亿立方公里，地球的体积几乎比它大49倍。月球的质量大约等于地球质量的1/81，也就是7350亿亿吨。月球的平均密度是每立方厘米3.34克，只及地球密度的60%，相比之下，月球不如地球瓷实。

天文学家对月球的位置、运动规律和物理性质作了周密的研究，随科学技术的突飞猛进，又利用人造地球卫星、无线电技术、激光技术和计算机技术对月球作了进一步的测量和考察，取得了大量更新、更丰富的资料。

尽管如此，对“月球起源”这个十分古老的问题，今天的天文学家仍然是众说纷纭和语焉不详。这也难怪，对生我们养我们的地球，人们研究了几个世纪，到现在不也照样对它的起源知之甚少吗？

月球是怎样形成的？撇开人类早期那些不着边际的神话，如果将18世纪以来的月球起源假说归纳起来，可以分为三类，即同源说、分裂说和俘获说。

同源说

同源说是最早出现的一种月球起源假说，它主张月球和地球具有相同的起源。18世纪法国天文学家布丰是这类起源说的最早代表。布丰认为：太阳系的所有天体起源于一次彗星对太阳的猛烈碰撞所撞下来的太阳碎块。稍后，德国的康德和法国的拉普拉斯提出了著名的太阳系起源的“星云说”，认为月球和地球都是同一团弥漫物质形成的。这团弥漫物质的大部分形成地球，小部分形成月球，或者地球形成后剩余的物质形成了月球。按照这种理论，地球的年龄和月球的年龄应该不相上下。

近年来，科学家对“阿波罗”宇航员们从月面采集的月岩样品作了放射性年代测定。结果证明，月球形成的时间和地球形成的时间相同，即都形成于46亿年前。在这一点上，同源说获得了实验的支持。但同源说却无法解释为什么具有相同起源的地球和月球，在物质组成上显著的差异？它们的密度为什么不同？它也无法解

释，与太阳系其他行星的卫星相比，月球所具有的一系列特征。譬如，其他卫星与中心行星的质量比都小于 1/10000，而月球与地球的质量比却高达 1/81，这在太阳系中没有第二例。同源说显然要对太阳星云中的地月形成区情况，做相当多的规定才行。

分裂说

英国著名生物学家、"进化论"创始人达尔文之子乔治·达尔文，是英国剑桥的一位天文学家。他在研究地——月间的潮汐影响时，注意到由于潮汐作用，地球的自转速度在逐渐变慢，月球在逐渐远离地球。他由此推断月球在远古时一定离地球非常近。达尔文在 1879 年发表了题为"太阳系中的潮汐和类似效应"的文章，提出月球在形成之前是地球的一部分。他认为，在太阳系形成初期，地球还处于熔融状态时，地球的转速相当高，以致有一部分物质被从赤道区甩了出去。后来，这部分物质演化成为今天的月球，甚至还认为太平洋就是月球分出去后留下的疤痕。

有不少人支持达尔文的观点。据计算，月球的物质刚好能填满太平洋。支持者们认为，分裂出去的是上地幔物质，因此月球没有地球那样

的金属核，密度与地壳接近也就变得合情合理了。另外，现代激光测距定出月球每年远离地球5厘米，因而在遥远的过去，月球确实离地球近多了。

但是，这个罗曼蒂克的假说也遇到了重重困难。譬如，马尔科夫在研究太阳系中各天体时，注意到天体的扁率与它的自转速度、密度有关。要使地球上的物体在离心力作用下飞离出去，地球的自转速度必须是现在的17倍。然而根据地—月系现状和角动量守恒定律，推算出的46亿年前的地球自转率并不是那么快。况且，如果月球是从地球上飞出去的，那么，月球的轨道应该位于地球的赤道面上，而事实却不是这样。另外经过研究证明，熔融状态的地球根本不可能分出一部分物质去。即使退一步说，月球是从地球分裂出去的，那么在刚分出去的时候，也一定会受到地球的引力作用而产生很大的潮汐，最后还是会重新落到地球上来的。再有，对太平洋底部的研究，证明它和其他海洋底部的结构相同、由洋底沉积的厚度及沉积速度来看，太平洋的年龄只有1亿年，和月球的年龄相差悬殊。

俘获说

鉴于同源说和分裂说所遇到的困难，瑞典天文学家阿尔文提出了“俘获说”。该假说认为：月球和地球是在不同的地方形成的，一次偶然的机会，地球把运行到附近的月球俘获，成为自己的卫星。有人甚至干脆认为月球就是被地球俘获的小行星。这个颇富戏剧性的假说受到多数科学家的赞成，它很好地说明了地球和月球在物质组成上的差异，和不同于太阳系其他卫星的特征。

然而和上述其他两种假说一样，俘获说也有难以自圆共说的地方。首先是月球太大，地球俘获如此之大的一个天体是很难想象的，即使能抓住，轨道也不会像现在这样规则。

上述三种月球起源假说，可以说各有千秋，都能或多或少地解释月球的成分、密度、结构、轨道及其他基本事实。从目前来看，除分裂说遇到致命的问题，似乎难以成立外，俘获说和同源说这两种假说究竟哪一种更合理一些，还无定论。现有假说的困难，迫使天文学家不得不另辟蹊径，提出新的起源假说。

“大碰撞”假说

美国科学家本兹、斯莱特里，以及卡梅伦，于1986年3月在美国休斯顿举行的一次月亮和行星讨论会上，提出了一个崭新的、摆脱了上述三种假说框框的月球成因假说。该假说认为：在太阳系早期，行星际空间有大量的“星子”，星子经过碰撞、吸积而逐渐变大。大约在相当目前地一月系统存在的空间范围内，形成了一个质量大约相当于现在地球质量9/10的原始地球，和一个火星般大小的天体。这两个天体在各自的演化中，均形成了以铁为主的金属核和以硅酸盐组成的幔和壳。由于这两个天体相距不远，一个偶然的机会，这两个天体发生了碰撞，剧烈的碰撞不仅使地球的轨道发生了偏斜，而且使火星般大小的撞击体碎裂，壳和幔受热蒸发，膨胀的气体“裹胁”着尘埃飞离地球。这些飞离的物质中还包括少量的地幔物质。火星般大小的天体碰撞后，被分离的金属核因受胀飞离的气体阻碍而减速，被吸积在地球上。飞离的气体尘埃受地球的引力作用，一部分处于洛希极限内，一部分落在洛希极限外，呈盘状物出现。位于洛希极限外的物质通过吸积，先形成几个小天体，最后不断吸积，像滚雪球似的，形成了月球。

这一新的“大碰撞”假说，在某种程度上兼容了三种经典假说的优点，并得到了一些地球化学、地球物理实验的支持。

由于大碰撞假说认为，月球是撞击后飞离的物质凝聚而成，这样就不必要求月球的运行轨道非要与地球赤道面重合不可。此外，由于月球的大小取决于飞离物质的多少，因此也不必考虑为什么地、月的质量比远大于其他行星和它的卫星了。

从物质组成看，由于该假说认为月球是由碰撞体和少量地幔组成的，这就了月球密度为什么较低，没有像地球那样的金属核。另外由于碰撞所产生的高温使易挥发的元素蒸发掉，从而也解释了月球上为什么富集难熔元素，而缺少易挥发元素。

目前，大碰撞假说还未得到天文学家的普遍承认，需要进一步改进和完善。这需要做很多工作。

天文学家无论是在讨论经典假说还是大碰撞假说时，都把月球看做是地球的一颗卫星，而不久前有人提出了一个新奇的观点，认为月球原来是太阳系的一颗行星。

月球行星论

美国著名地球物理学爱拜塞尔在《地球》一书中提出："近代太阳系形成学说确认月球是个正统的行星。实际上地球和月球是一个双星系统的关系，而绝不是从属于地球的母子关系。"他的证据是：(1)在形成年代上，月球略早于地球；(2)地、月的直径比和质量比相差不多，卫星与主体行星之间这样大的比值在太阳系中"只此一家"；(3)地球属于类地行星，而类地行星除地球和火星以外，其他的都无卫星；(4)月球并没有绕着地球旋转，而是伴着地球对转。在太阳系中，其他行星的公转轨道都是比较光滑的图形，唯有地球的公转轨道是波浪般的图形。

月球行星论产生了一定的反响。一些天文学家对此持有异议，我国紫金山天文台刘炎认为，这个结论过于武断了。他认为，月球形成的年代是否早于地球至今尚无定论，而且即使我们承认月球的"年岁"高于地球，也不能就由此推论月球不是地球的卫星了。因为关于卫星和中心行星的"年岁"是一种历史上的月地关系，而月球是否是地球的卫星，却是一个卫星的概念和定义的问题，是一种现实的月地关系。月球的质量虽大，但还是在其作为地球卫星所应有

质量的合理范围之内；而月球相伴地球"对转"、地球轨道"波浪形"起伏，也完全符合力学规律，月球在它漫长的演化史上很可能曾经是一颗行星，但它现在确确实实是一颗卫星。

正像科学家所说的那样，宇宙间只有未被认识的事物，而绝没有不可认识的事物。随着人们在实践中认识的不断深化，月球是怎样产生的，月球是行星还是卫星这些问题，一定会弄清楚的。

月球的奇辉

月球表面既无大气，也无水分，没有风霜雪雨，没有江河湖海，更不要说鸟语花香的生命现象了。一句话，月球是个死寂的星球。

但是，这并不意味着月面上什么变化都没有发生过，它表面的辉光现象就是一例。月球表面有时突然出现某种发光现象，甚至还有颜色变化，它引起了天文学家们的兴趣和关注。

1958 年 11 月 3 日凌晨，前苏联科学家柯兹列夫在观测月球环形山的时候，发现阿尔芬斯环形山口内的中央峰，变得又暗又模糊，并发出一种从未见过的红光。两个多小时之后，他再次观测这片区域时，山峰发出白光，亮度比平常几

乎增加了一倍，第二夜，阿尔芬斯环形山才恢复原先的面目。

柯兹列夫认为，他所观测到的是一次比较罕见的月球火山爆发现象。他说，阿尔芬斯环形山中央峰亮度增加的原因，在于从月球内部向外喷出了气体，至于开始时山峰发暗和呈现出红色，那是因为在气体的压力下，火山灰最先冲出了火山口。

柯兹列夫的观点遭到了一些人的反对，其中包括一些颇有名望的天文学家。他们承认阿尔芬斯环形山的异常现象是存在的；但认为不能解释为通常的火山爆发，而是月球局部地区有时发生的气体释放过程。在太阳光的照耀下，即使是冷气体也会表现出柯兹列夫所注意到的那些特征。

早在 1955 年，柯兹列夫就在另一座环形山——阿利斯塔克环形山口，发现过类似的异常发亮现象，他也曾怀疑那是火山喷发。1961 年，柯兹列夫又在阿利斯塔克环形山中央观测到了他熟悉的异常现象，不同的是，光谱分析明确证实这次所溢出的气体是氢气。

这类现象究竟应该怎样解释呢？是火山喷发？还是气体释放？或者是其他什么现象呢？

红色斑点

天文学家们还不止一次在月球面上发现神秘的红色斑点。也是那个阿利斯塔克环形山，美国洛韦尔天文台的两位天文学家在观测和绘制它及其附近的月面图时，先后两次在这片地区发现了使他们惊讶的红色斑点。第一次是在1963年10月29日，一共发现了3个斑点：先是在阿利斯塔克以东约65公里处见到了一个椭圆形斑点，呈橙红色，长约8公里，宽约2公里。在它附近的一个小圆斑点清晰可见，直径约2公里。这两处斑点从暗到亮，再到完全消失，大约经历了25分钟的时间。

第三个斑点是一条长约17公里、宽约2公里的淡红色条状斑纹，位于阿利斯塔克环形山东南边缘的里侧，出现和消失时间大体上比那两个斑点迟约5分钟。

第二次他们观测到奇异的红斑是在1个月之后的11月27日，也是在阿利斯塔克环形山附近，红斑长约19公里，宽约2公里，存在的时间长达75分钟。这次由于时间比较充裕，不仅有好几位洛韦尔天文台的同事都看到了红斑，还拍下了一些照片。为了证实所观测到的现象是确实存在的，他们还特地给另一个天文台

打了电话，告诉那里的朋友们赶快观测月球上的异常现象，但故意没有说清楚是在月球上的什么地方。得到消息的天文台立即用口径175厘米的反射望远镜（那两位洛韦尔台的天文学家用的是口径60厘米折射望远镜）进行搜寻，很快就发现了目标。结果是，两处天文台观测到的红斑的位置完全一致，说明观测无误。红斑确实是存在于月面上的某种现象，而不是地球大气或其他因素造成的幻影。

这两次色彩异常现象都发生在阿利斯塔克环形山区域，而且都是在它开始被阳光照到之后不到两天的时间内。考虑到这些方面，有人认为月面上出现红色斑点的现象可能并不太罕见，只是不知道它们于什么时间、在什么地区出现，而且出现和存在的时间一般都不长，要观测到它们就不那么容易了，需要具备较大和合适的观测仪器，以及丰富的观测经验和技巧，同时认为这类现象可能与太阳及其活动有关。另一种意见则认为，这类变亮和发光现象经常发生；单是在阿利斯塔克环形山区域，有案可查的类似事件至少在300起以上，表明它们是由于月球内部的某种或某些常存原因引起而形成的。

1969年7月，首次载人登月飞行的“阿波罗

11号”宇宙飞船，在到达月球附近和环绕月球飞行时，曾经根据预定计划，对月面上最亮的这片阿利斯塔克环形山地区进行了观测。这座著名环形山的直径约37公里，山壁陡峭而结构复杂，底部粗糙而崎岖。飞船指令长阿姆斯特朗是从环形山的北面进行俯视的，他向地面指挥中心报告说：“环形山附近某个地方显然比其周围地区要明亮得多，那里像是存在着某种荧光那样的东西。”遗憾的是，宇航员们没有对所观测到的现象作进一步的解释。

红色发光现象

就在洛韦尔天文台的两位科学家发现阿利斯塔克环形山附近的红斑时，英国的两位科学家注意到了另一个著名的环形山——开普勒环形山也存在类似现象。开普勒环形山在阿利斯塔克环形山东南方向，直径约35公里，是带有辐射纹的少数环形山之一。1963年11月1日，英国曼彻斯特大学的两位研究人员，在拍摄开普勒环形山及其附近地区的照片时，注意到就在这片地区内，在两小时内两次出现了红色发光现象，发光面积大得使他们惊讶，每次都超过了10000平方公里。

他们从三个方面对这次有色现象提出了自

己的见解。首先，他们指出持续时间不长而面积那么大的发光现象，不可能由某种月球内部原因造成，而应该认为是起因于太阳。其次，他们认为，由于月球不存在大气，月面受到紫外线、X射线、伽马射线等全部太阳辐射的猛烈袭击，这时，月面的某些地方有可能被激发而发光，面积也可能比较大。再次，他们明确提出，开普勒环形山这两次发光现象的根源在于太阳面上出现了耀斑。11月1日那天，太阳上出现了两次规模不算大的小耀斑，它们的时间间隔与开普勒环形山的两次红色发光现象的时间间隔基本一致。

两位英国科学家的观点比较新颖，但他们没有得到广泛的支持。如果他们把月面辉光现象与太阳耀斑联系在一起的解释是正确的话，那么，月球发光现象也该有周期性，而且在太阳活动极大、耀斑出现较多的那些年份里，红斑现象也应该出现得更多、更频繁。观测表明，这样的事从来没有发生过。

亮点位于月球明暗界线附近

1985年5月23日，希腊的一位学者正在调试自己口径为11厘米的折射望远镜。当时月球的月龄为4，也就是从月朔算起，大体上只过了

4天的时间。在连续拍摄的7张月球照片中，有1张吸引了大家的注意，照片上出现了一个事先没有预料到的清晰的亮点。经过核查，亮点位于月球明暗界线附近的普洛克鲁斯C环形山地区。

对此，希腊学者提出了一个大胆的假设。他认为：由于月面没有大气，被太阳照亮的月面部分的温度，与没有太阳照亮部分的温度相差悬殊。当太阳从月面上某个地区日出时也就是从那些正好处在明暗界线附近的地区日出时，一下子从黑夜变为白天的那部分月面温度迅速升高，从零下100多摄氏度升到100多摄氏度。强烈而迅速的温度变化使得月球岩石胀裂开来，被封闭在岩石下面的气体突然冲到月面，迅速膨胀，产生了明亮而短暂的发光现象。

最近，美国的一位通讯工程师也提出了类似的看法。他曾检测过一些从月球上采集回来的月球岩石标本，发现岩石中含有像氦和氩之类的挥发性气体。他认为，月岩热破裂时释放出来的电子能，完全有可能把挥发性气体点燃，引起短暂的闪光现象。他还表示，他的设想并非毫无根据。据说，月球岩石在地面实验室里进行人工断裂时，确实曾放出过小火花。

过去也确实多次有人在月球明暗界线附近，发现过这类短暂的发光现象。但是，在得不到阳光的月球阴暗部分，也曾观测到过这种闪闪发光现象。这又该如何解释呢？

短暂的现象

早在 1787 年，英国著名天文学家赫歇耳就曾观察到过月球表面的红色辉光。最近这些年来，月球上的辉光、雾气、彩斑现象似乎有所增加，这也许与观测手段的发展有关。这些被称为"月球短暂现象"的变幻现象，日益引起各国天文学家的关注。

到目前为止，已经记录到的"月球短暂现象"数以千计，也许其中的一部分是由于大气干扰等原因造成的错觉或幻觉，但短暂现象的存在是否定不了的。

这类短暂现象的范围一般都不大，方圆一二十公里，平均持续时间一二十分钟到半个来小时，而且多数都发生在地质年龄比较轻的那些环形山附近，譬如阿利斯塔克、阿尔芬斯等环形山，以及月面洼地的边缘地区。应该相信这决不是偶然的。

至于这些短暂现象的原因是什么，一直是众说纷纭，似乎是证据充分、很有说服力的火山

喷发和火山活动学说，也没能得到多数人承认。其中很致命的一点是：不论是地面观测还是宇航员亲临月球的考察，都没能找到新喷射出来的熔岩痕迹，也没有看到月面局部面貌有所改变。前面提到的其他论点，以及认为是地球的潮汐作用触发月震、月震转而又使密封在月岩下面的气体冲向月面等观点，那就更不完善了。

有人把月球短暂现象称做“变幻无常的月球现象”。说它“变幻无常”，反映了我们对它的来龙去脉还不清楚，但事实真相总会有大白的一天，尤其是发生在离我们这么近的月球上的现象。

月球在运动

月球每天东升西落的周日视运动是地球自转的反映。月球本身还在恒星间自西向东运动，这种运动是月球围绕地球公转的反映。如果在几小时内连续观察月球相对于某一亮星的相对位置，就会觉察出月球不断地向东移动：每小时大约移动半度，每天移动13°。经过27.3217，即27日7时43分12秒，完成一次周期运动。

由于太阳的引力作用，月球的轨道不断在变化，白道和黄道的交点不断地沿黄道向西（和

月球公转方向相反）移动，每年约 19°4′。经过 18.6 年，交点沿黄道运行一周，所以月球每次公转都沿着新的途径。此外，月球轨道的偏心率、月球轨道拱线也在变化。月球在轨道上各点还有大小不同的加速度和减速度。所以，月球的运动是非常复杂的。

位相变化

月球的不同形状叫作月球的位相。月球位相的变化是由于月球本身不发光，靠反射太阳光和月球围绕地球公转造成的。月球绕地球公转时，它和地球、太阳的相对位置时刻在变化，月球被太阳光照亮的半面以不同的角度对着地球。从地球上看去，月球的形状就发生了圆缺变化。

当月球走到太阳和地球之间，从地球看去，太阳、月球在同一方向，月球的黑暗的一面朝向地球，这时月球完全看不见，叫作朔。朔发生在阴历的每月初一，经过 2 天后，月球向东移动了 25°，从地球上可以看到月球被照亮半球的一小部分，这时月球呈现为月牙形，月牙的凸面向右，朝向太阳。在朔日后一周，月球向东移动了 1/4 周，月球被照亮的半面侧对着地球，即以亮半球的一半和暗半球的一半对着我们。这时可

以看到月球圆面的半个月面，月球圆面的右半面是明亮的，这种月相叫作上弦，发生在阴历的每月初七、初八。在这以后，月球继续向东运行，我们可以看见月球亮面的大部分；上弦之后一周，即阴历每月的十五、十六，月球运行到和太阳方向相反的益，月球亮面整个地朝向地球，我们就会看到圆圆的满月，叫作望。望之后，满月开始从右面亏，每天看见月球亮面的部分逐渐减小。在满月后一周，到了下弦，（阴历每月的二十二、二十一），月球又以亮半球的一半和暗半球的一半对着我们，但和上弦月相反，我们看见月球圆面的左半面是明亮的。下弦之后，月球明亮部分继续亏，月球又成月牙形，月牙凸面向左朝向太阳（残月）；最后，月球又运行到朔的位置，再次看不见月球。

朔之后，日落不久，月牙就出现在西方地平线附近。日期愈往后，月球离太阳愈远，日落不久，月球出现在天空的西南方；上弦那一天，日落时，上弦月出现在正南，子夜月球才下没，前半夜可以看见月球；上弦之后，月球下没时间越来越迟，前半夜以后的大半个夜晚可以看见月球；到了望日，日没时，月球升起，整个夜晚都可看到月球；下弦月，子夜时才升起，后半夜才

能看到月球。以后，月球升起的时间越来越晚，残月则在日出前才升起，黎明时月球出现在东地平线附近。

月相变化周期，即从朔（望）到朔（望）的时间间隔叫作朔望月。朔望月比恒星月长，平均为 29.5306 天，即 29 日 12 时 44 分 3 秒。

月球的自转和天平动

我们看月球，月面总是呈现出同样的外貌。即是说，月球在围绕地球公转时，总是以同一面对着地球，这种现象的产生说明月球有自转运动，自转方向与周期和地球公转的方向与周期是相同的。由于月球自转周期和地球公转周期相等，所以从地球上只能看到朝向地球的半个月面，无法看到月球背面。

在月球上，一昼夜大约等于一个月。为什么月球的自转周期这么长呢？这是由于地球对月球的引潮力长期作用的结果。地球的引潮力使月球向着地球的方向上隆起（潮汐），当月球自转时，月球隆起部分受到地球的引力，仍然保持朝向地球，这种转动方向和月球自转方向相反，这种作用叫潮汐摩擦。潮汐摩擦力在很长时期内不断作用着，逐渐使月球的自转变慢，直到隆起部分永远朝向地球，这时月球的自转周期等

于月球的公转周期。

月球在围绕地球公转过程中，朝向我们的月面呈现出一处左右、上下的摆动，这种运动叫作天平动。由于天平动现象的存在，公转运动却不是均匀的，在近地点运动快，在远地点运动慢。月球公转速度的这种变化就会使地球上的观察者有时看见月面西边缘之外的一小部分，有时能看见月面东边缘之外的一小部分（经度天平动）。月球的自动轴不和公转轨道垂直，而是成83°21′的倾角。在月球公转过程中，月球自转轴的北端和南端轮流朝向地球，这也会使地球上的观察者有时能直接看到月球北极之外的一小部分，有时又能看到月球南极之外的一小部分（纬度天平动）。由于天平动的现象，使我们看到的月面不只是一半，而是整个月面的59%，即整个月面的3/5。

月面风光

千百年来，人们只是在地球上赏月。当宇航员踏上了这个神秘星球的表面，一切都是那么新奇有趣。由于没有大气，声音在月面上无法传播，到处是一片寂静。根本没有嫦娥起舞的身影，更没有广寒宫可居住。这里不是什么天堂，

而是满目荒凉，没有任何生命存在的现象。

月球上没有大气，没有水，也就没有地球上的风化、氧化和水的腐蚀过程。月面岩石犹如一部天书，记载着几十亿年来月球的演化和变迁。月球上现在的火山活动、陨石撞击、太阳风和宇宙射线的直接辐射等，都可以从月岩和月壤中找到踪迹。

站在月球上，首先会感到月面天地狭小，没有地球上天、地之间那么深远开阔，这是因为月球的体积比地球小得多。站在月球上，一般人看到的月平视距只有 2.5 公里；而在地球上看到的地平视距离是 5 公里。

在明亮的阳光照射下，月球到处是裸露的岩石和环形山的侧影。从月面结构中，我们可以见到起伏的山峦，崎岖的高地，广阔的平原，深长的沟壑，险峻的山脊和断崖。整个月面覆盖着一层碎石粒和浮土。到处千疮百孔。

月面天空中巨大的蔚蓝色的星球，光色皎洁，美丽而又亲切，它就是人类的摇篮——地球。在这里见到地球时，应是抬头望地球，倍感思故乡。地球上被太阳照亮的白天部分和黑夜部分显得十分明显。在月球上看到的地球也有类似地球上看到的月球一样的位相变化。在阳

光照射下，地球上淡蓝色的大气层里缭绕着片片白云。深蓝色的是海洋，褐色的是陆地，覆盖着白色冰雪的是极地。在月球上见到的地球圆面，要比在地球上见到的满月大 14 倍。再加上地球大气反射阳光的本领很强，因此，在月球上见到的地球要比在地球上见到的满月明亮 80 多倍。可以想象，在地光之下看书是不成问题的。还有一种奇特的现象，那就是在月球上看到地球的地方，只要观测者不动。会觉得地球总在天空中，没有升起和落下的现象，基本上不动。为什么会有这种现象？前面已经讲过了，这是因为月球总以同一面对着地球的缘故。

在月球上看到的星星和太阳也是基本不动吗？不。月球有自转，但是自转很慢，星空沿着和月球自转方向相反的方向缓慢移动。星星和太阳都是有升有落的。月球上的一昼夜相当于地球上的 29.5 天。

因为月球上没有光，天空永远是一片漆黑，太阳和星星可以同时出现。星光一点也不闪动。阳光要比地球上强烈得多。这里还没有云雾，没有晚霞和曙光；没有风、雨、雷、闪电，永远是晴天，因此在这里天气预报是没有意义的。在月球上看到的星座和在地球上看到的星座没有什

么变化。但是在地球上看到的北极星在月球上却失去了意义。另外，在月球上不能用指南针辨别方向，因为月球的磁场非常微弱。那么，宇航员靠什么辨别方向呢？从目前看，宇航员是根据日晷仪被太阳投出的影子推算方向的。

月球是离地球最近的天体，它是围绕地球运转的、唯一的天然卫星，与地球的平均距离为384401公里。月亮绕地球的公转轨道为椭圆形，其近地点平均距离为363300公里，远地点平均距离为405500公里。月亮比地球小，直径是3476公里，大约等于地球直径的$\frac{3}{11}$。月球的表面面积大约是地球表面积的$\frac{1}{14}$，比亚洲的面积还稍小一些；它的体积是地球的$\frac{1}{81}$；物质的平均密度为每立方厘米3.34克，只相当于地球密度的$\frac{3}{5}$。月球上的引力只有地球的$\frac{1}{6}$，也就是说，6公斤重的东西到了月球上只有1公斤重了。人在月面上走，身体显得很轻松。

月球从里到外分为三层：月核、月幔和月壳。月核的直径只有几百公里，温度约1000摄氏度；月幔厚约1000公里不足；最外层月壳平均厚60～65公里。

月球表面崎岖不平，从大的构造来分，主要

有陆区和月海。

所谓月海，其实就是我们从地球上看到的暗色的区域，主要由玄武岩组成。因为玄武岩的反射率平均只有6%，当阳光照射时，它吸收了94%的阳光，所以看上去比周围月陆区要暗一些。月海就是月球上广大的平原或开阔地。现在已知整个月球表面有22个月海。其中向着地球这面有19个月海。它们是：风暴洋、雨海、澄海、静海、丰富海、酒海、危海、冷海、史密斯海、云海、汽海、湿海、洪堡德海、蛇海、泡海、浪海、界海、地海和知海。月球背面有3个月海：东海、莫斯科海和智海。向着地球这面的月海约占这半球面积的1/3，最大的是风暴洋和雨海。月球背面的月海少而小，只占月球背面面积的2.5%。

月陆是月面隆起的古老的高地，平均高出月海2～3公里。对着地球这半球上的月陆占这半球面积的70%。月球背面的月陆则占另一半球面积的97.5%。月陆主要由浅色的斜长岩组成。月陆的反光率约为17%，因此看上去要比月海明亮得多。

有幸通过天文望远镜观测月球的人，首先感到奇怪的是月面上分布许多大大小小的“气

泡”似的环形结构。仔细再看，它们类似地球上的火山口，叫环形山。它们分布极广，大小差别很大。月面上有的区域环形山非常密集，有的环形山还有重叠的结构，大多数环形山都以地球上著名的科学家的名字命名。如哥白尼环形山、第谷环形山、牛顿环形山等。月球背面还有以我国古代著名科学家的名字命名的环形山。它们是：张衡环形山、祖冲之环形山、郭守敬环形山、万户环形山和石申环形山。

月面上也有许多高大的山系。它们用地球上著名的山脉名字命名。如在雨海地区有陡峭的高加索山脉、亚平宁山脉和阿尔卑斯山脉。

在月面结构中，还有湾、湖、月谷、月溪、断裂和辐射纹等结构。

月球是地球的近邻，它在很多方面确实类似地球，但是，月球表面由于没有大气，没有水，没有生物，被太阳照射的地方温度高达12℃，没有被太阳照到的地方又下降到—180℃；月面直接受到流星体、太阳风和宇宙线袭击和强辐射；月球上的白天和黑夜各相当于地球上的两个星期。这些月面环境状况，使得整个月面既保存了各个演化时期的原始风貌，也保留着遭受太空物质侵袭的痕迹。同时，月球向着地球的一

面和背着地球的一面尽管有差异，但是差别不大。千姿百态的月面结构正静候着地质学家和地理学家们的光临。也许你和他就是这项事业的开路者或继承人。

月球作为地球的近邻，作为人类即将进行全面考察和开发的第二个天体，我们应对它表面环境有比较详细的了解。现将月球朝向地球这一面的月貌特征介绍于下。

东部的山和“海”

按国际统一规定，月球上的方向与地球上相同：上北下南，左西右东。所谓月球东部，自然就是向着我们这一面的右边。

凭直接观察，人们可以发现月球东部的两个特点：东部的“海”比西部的“海”面积小，而东部的“海”基本上分散成一块一块的，很像地球上的盆地；东部比西部要显得明亮一些。实测结果也是如此，若以满月的亮度为100的话，上弦月为8.3，下弦月为7.8。

复杂的地形：月球东部的地形和地势是错综复杂的。月海基本上都在赤道附近，越向两极，地势越高，环形山越多。在东部共有三条山脉，澄海东侧的金牛山脉、丰富海与酒海之间的比利牛斯山脉和澄海与汽海之间的海码斯山

脉。这些山脉都环绕着月海，和月海构成统一的演化单元；澄海和静海之间的阿格厄斯山，高达几千米，形成澄海和静海的分水岭；酒海南部的阿尔泰峭壁长达几百公里，是月面最长的峭壁，很像酒海的外“堤”；科希峭壁则像是从静海东延伸到静海中的“栈桥”。还有两条月溪，连结静海和中央湾的阿里亚3代斯月溪，静海西侧的海帕塔月溪；四个海角，澄海和静海之间的阿切鲁西亚海角。一条月谷，在丰富海之南的环形山之间的勒伊塔月谷，长约500公里，宽约20公里，是月面最长的月谷。两个湖，澄海东北的死湖与梦湖。死湖的面积约两万平方公里；有一些比较著名的环形山带有辐射纹，如：朗格林诺斯环形山，直径约为130公里，辐射纹长约1500公里；捷奥菲勒斯环形山，直径约100公里，底部平坦，辐射纹长约1000公里；弗涅里厄斯环形山，直径约20公里，辐射纹长约200公里；斯梯文环形山，直径25公里，辐射纹长约600公里。在东部边缘主要有高斯环形山、尼玻环形山、吉尔伯特环形山、洪堡德环形山、李约环形山等。这些环形山有时可见，有时隐约到月球背面。在静海里的西北部有三个环形山，靠近澄海的是普林尼斯环形山，它的南面有罗斯

莱山和阿拉果环形山。从这三个环形山的外形看，都是在静海形成后出现的，属于较年轻的环形山。与此相反，在酒海最南端的弗拉卡斯托特里斯环形山是一个古老的环形山，它的环壁成锯齿形，并且有一部分环壁已被酒海熔岩物质掩埋，类似雨海西北部的虹湾。酒海被比利牛斯山脉和阿尔泰峭壁所围，有的月面学家认为，酒海周围的"沉陷"地形，过去曾是一个直径1000公里以上的巨大类月海，后来一部分被熔岩覆盖，这就是酒海，一部分周壁就是阿尔泰峭壁和比利牛斯山脉。

"海"的特征：东部月海的特征第一是海的数量多。月球向着我们这面共有19个月海，东部占12个；第二是独立的海多。除靠近月面中部的澄海、静海和酒海相通相连外，其他9个月海都是孤居一地；第三是海的总面积比西部小。大约190万平方公里，还不到风暴洋面积的一半；第四是海的分布广；第五是有"时隐时现"的海。由于月球的经天平动影响，地处东海缘的界海、史密斯海、洪堡德海和南海，有时可见，有时看不见；第六危海外形呈六边形。

从"界海"谈经天平动：所谓"界海"，就是因为它地处可见面和背面之间的投影线上。

长期对月球进行观测就会发现它“时隐时现”，由此赋予“界海”之称。

其实，何止界海“时隐时现”，凡是在这个经度范围内的月面都是如此。为什么会发生这种现象呢？这要从月球的运动谈起。由于月球绕地球运动的轨道是椭圆的，因此它的公转速度是不均匀的。而它自转的角速度基本上是均匀的，这样，就产生了从地球上看去，月球在左右方向上的视面有些微小的变化。这种现象叫月球的经天平动。由于经天平动的存在，使我们对月面在东西边缘上，最大时可多看到 7°45′。这种变化周期为一个近点月。

伽利略在观测月面时就发现了这种现象。1645 年，意大利月面学家里希奥利所绘的月面图，清楚地表示出天平动效应。对于天文爱好者来说，如果通过天文望远镜长期细致地观测月面，必定能看到这种现象。

对月面东部的探测：1969 年 7 月 21 日，美国的“阿波罗”11 号载人宇宙飞船的登月舱降落在静海西南部靠近赤道的地方（东经 23°26′，北纬 0°41′），揭开了人类亲临月球探索的新纪元。在静海着陆点采回月壤和月尘。根据研究，这里的岩石年龄在 34 亿～37 亿年，为月面中

等岩石年龄。样品表明：这里没有含水的矿物质；这些表面物质是受冲击产生的；钛铁矿的含量比地球上大多数的玄武岩要高；在石屑碎块中发现一种新硅酸盐矿物——命名为“静海石”。这是月海玄武岩晚期结晶作用的产物。

1972年12月11日，“阿波罗”17号载人宇宙飞船的登月舱，在澄海东南高地着陆（东经30°45′，北纬20°10′），这是人类到达月球最东面的地区。在着陆的两名宇船员中，有一位是美国哈佛大学的地质学家施米特。他们乘月球车在月面上活动3次，共22小时5分，是6次“阿波罗”宇宙飞船登月中，在月面活动时间最长的一次，带回115公斤岩石样品。

1970年9月20日，前苏联无人驾驶的“月球”16号自动探测器降落在丰富海，取回100克月壤样品；1972年2月21日，无人驾驶的“月球”20号在丰富海东北山区着陆，取回50克月壤；1976年8月18日，无人驾驶的“月球”24号在危海着陆，取回月壤170克。由此可见，前苏联主要是集中力量对月球东部海区进行探索。

中部的“特区”

所谓月球中部是这样划分的：在南、北纬

20°和东、西经 20°之间的月面，即东西和南北各 1200 公里的月轮中心区。所以称这里为“特区”，一是因为这里是月轮东西南北四个半球特征的交织地区，地形和地势更为错综复杂，月陆、月海、山系、月湾、月溪、直壁、峭壁以及年轻和年老的环形山应有尽有；二是这里有月面坐标的起算点；三是与月轮的其他部分相比，这时的地形和地势基本上都以正面朝向地球；四是这里是人类直接探索最多的区域。

地形和地势：在月球中部的北面，地形复杂，地势险峻。月球上最长的阿尔卑斯山脉和海码斯山脉构成“人”字形从正北伸向这里。两座大山之间夹着一块平原，就是汽海。汽海的面积大约是 5 万平方公里，是月面中央区唯一独立的月海。阿尔卑斯山脉是风暴洋和汽海之间的屏障；海码斯山脉是澄海和汽海的分水岭。汽海之南和中央湾相通，中央湾又与它西部的暑湾相连，它们都是风暴洋伸向中部陆地的海域。中央湾，顾名思义它地处月轮的中心区。希金努斯月溪处在中央湾和汽海之间的海面上，长约 200 公里，宽约 5 公里。长约 230 公里、宽约 5 公里的阿里亚代斯月溪使中央湾与东部的静海隔陆相连。中央湾的东部和南部全是陆地。“特

区”西部海岸的海陆交错，形成许多湾、角、岛与半岛等地形。就整个中部地势来说，构成了东高西低的月貌。

著名的环形山：这里的环形山虽然不多，但是环形山的类型不少，“老中青”俱全。

托勒密环形山：这是以古希腊著名的天文学家托勒密（约 90～168 年）的名字命名的。它位于南部高地上，直径约 150 公里，环壁高 2400 米，属于较为古老的环形山。通过天文望远镜看去，它像一个巨大的环形盆地，里面十分平坦。然而在最佳的观测条件下，已经发现它上面有几百个小的环形山，直径都在 600 米以上。很明显，这些小环形山都比托勒密环形山年轻，属于后生的“小字辈”。有人推测，托勒密环形山形成的时代，为月面大多数环形山形成的时期。

阿尔芬斯环形山：这是以西班牙一位热爱天文学的国王阿尔芬斯（1223～1284 年）的名字命名的。直径约 120 公里，环壁高 2730 米，紧挨在托勒密环形山的南侧。阿尔芬斯环形山的底部有中央丘，右边有两条像月溪似的裂缝。在 1955、1957、1958、1961、1963、1969 年曾有人观测到阿尔芬斯环形山有明暗和色彩的

变化。这是由于该环形山有火山活动，从月球内部喷出的气体而形成的。最有意义的是1958年11月2日至3日的夜间，前苏联天文学家科齐列夫在克里米亚天体物理天文台发现阿尔芬斯环形山的中央丘有明暗变化，并立即拍下了它的光谱照片。这说明月球并不是一个“平静”的世界，而是一个仍有火山活动的天体。

喜帕恰斯环形山：这是以古希腊的天文学家和数学家喜帕恰斯（约公元前190～公元前125年）的名字命名的。位于托勒密环形山的东北方，直径150公里，和托勒密环形山的大小差不多，但是它的环壁较高，为3300米。

阿尔巴泰尼环形山：这是以阿拉伯天文学家阿尔巴泰尼（850～929年）的名字命名的。位于托勒密环形山之东，喜帕恰斯环形山之南。直径136公里，具有明显的中央丘，环壁非常明显。环壁内的西侧，有一个较小的环形山，叫克莱恩环形山。这是以德国月面学家克莱恩（1844～1914年）的名字命名的，直径44公里，环壁高1460米。

弗拉马利翁环形山：这是以法国天文学家和天文普及家弗拉马利翁（1842～1925年）的名字命名的。它位于托勒密环形山之北，非常靠

近月面的中心点，直径 75 公里。这个环形山本身没有什么可引人注意的地方，然而在它的西环壁上有一个小而清晰的环形山，它就是素有盛名的默斯丁 A 环形山。

默斯丁 A 环形山：它的精确位置为西经 5°09′50″，南纬 3°10′47″。直径 13 公里。环壁高 2700 米，并具有 50 公里长的辐射线，是一座年轻型的环形山。它清晰明亮的外形像镶在弗拉马利翁环形山的一颗珍珠。人们常借助它来定月面坐标的中心点。

默斯丁环形山：这是以丹麦的政治家默斯丁（1759～1843 年）的名字命名的。它位于默斯丁 A 环形山的北面，直径 26 公里，高 2700 米。

拉兰德环形山：这是以法国天文学家拉兰德（1732～1807 年）的名字命名的。位于弗拉马利翁环形山之西的风暴洋洋面上，直径 24 公里，环壁高 2600 米，有直径 320 公里的辐射线，也属于年轻型的环形山。

赫歇耳环形山：这是以英国著名的天文学家 W·赫歇耳（1738～1822 年）的名字命名的。位于托勒密环形山的正北，这两座环形山的环壁有一部分紧紧连在一起，直径 41 公里，和

托勒密环形山相比，显得很小。然而它峻峭突起，环壁高 3800 米。

对中央区的探测：为了实现登月计划，美国航宇局于 1960～1961 年就提出两项对月球不载人的空间探测计划。这就是后来发射的“徘徊者”号和“探测者”号探测器，从 1961 年 8 月至 1965 年 3 月，共发射 9 个“徘徊者”探测器，其中第 6、7、8 号降落在中央区的两旁，9 号降落在阿尔芬斯环形山内，因此它捷足先登，成为第一个直接探测环形山内的人类使者。“徘徊者”9 号发回 5814 幅近距月面照片，具有很高的清晰度，比用地球上最好的天文望远镜拍照的月面要清晰 2000 倍。

从 1966 年 5 月至 1968 年 1 月，美国又发射了 7 个“探测者”号探测器，主要是为载人登月飞船解决软着陆的问题。这其中有 3 个降落在中央区，2 号和 4 号基本失败，6 号获得成功。4 号和 6 号就降落在月面中心点西北 30 公里的中央湾海面上。6 号探测器不仅发回了月面环境的电视图像，还有小型掘土机和化验室对月壤进行了分析，为以后“阿波罗”载人登月做了充分的准备。

由于月球总以同一面向着地球，月面中央

区又是以其正面对着地球，因此，将来人类进一步登上月球，也会把大本营的基地建立在月面中央区。

北部的沉静之地

月球北部，一般是指月面北纬50°以上的地区。不论直接赏月，还是通过望远镜观测，都会发现这里既无月面东、西部那样以月海为主的明显色彩，又没有月面南部那样绵延千里的山地特征，似乎是月面边缘一隅沉静之地。然而，这里依然以其特有的魅力吸引着月面学家的注意。

地形和地势：这里与南部相邻的地区从西到东是：风暴洋、雨海、澄海和东部边缘陆地。从北纬50°～60°之间主要是月海区。西部是风暴洋伸向北部陆地部分，叫露湾。露湾东部是东西走向的、非常著名的带形月海——冷海。它长达1500公里，南北宽有300公里，总面积是440000平方公里，仅次于风暴洋、雨海和静海，是月球上第四大月海。冷海两岸的地形十分复杂，两岸陆地的凹凸部分基本上能对应起来。冷海属于古老的月海，可能与澄海和静海是同龄海。

在海东部的月面边缘，还有一个很不引人

注意的、孤独一处的月海，这就是洪堡德海。它是以德国自然科学史专家和探险家洪堡德（1769～1859年）的名字命名的。在22个月海的名称上，仅有两个用人名命名（另一个是史密斯海）。洪堡德海呈椭圆形，地处东经75°～85°，北纬在54°～59°之间，面积约5万平方公里。由于经天平动的影响，它时隐时现。有时，当它处在月轮边缘时，暗黑色的月海与天空背景融成一色，仿佛这里的月面缺少了一块似的。

冷海以北是完整的北极大陆，它与月球背面的北部形成一个整体。北极大陆有很多多角开形的地形结构。一般说来，这里的环形山环壁比较低矮，有的环壁残缺不全，显现出古老的地形地势风貌。就整体而言，东部环形山比西部多，另一特点是，月海和月陆的边界极不明显，海的地势渐渐伸入到陆地，很像地球上海边广阔的浅滩。北部山脉和隆起地带的走向也格外复杂，完全不像南极地区那样呈南北走向。北极区是丘陵和环形山交织的区域，环形山的数量比南极区大约少一半，和月面中央区差不多。

著名的环形山：最主要的环形山多在冷海北岸，位于北纬50°～60°之间，著名的环形山有：

柏拉图环形山。这是以古希腊哲学家柏拉图（公元前427～公元前347年）的名字命名的。位于雨海和冷海之间的月陆上，直径约100公里，属于古老的环形山。

亚里士多德环形山。以古希腊哲学家亚里士多德（公元前383～公元前322年）的名字命名。位于冷海南岸（东经17°，北纬50°），直径87公里。在农历每月初七～二十的月面上容易看到。

恩迪米昂环形山。这是以古希腊神话故事中的一名英俊的牧羊青年的名字命名的。位于冷海和洪堡德海之间（东经56°，北纬54°），直径125公里，和周围的月面相比，环壁清晰，层次分明，显得特别突出。环形山底部和月海的色彩一样黑暗，通过天文望远镜观测极其明显。

加特纳环形山。这是以德国地质学家加特纳（1750～1813年）的名字命名的。位于冷海东部的北岸（东经35°，北纬59°），直径102公里。它的特点是环形山的南部与冷海隔成一片，部分环壁难于看见，很像天然的港湾，和雨海的虹湾很相似。

索斯环形山。这是以英国天文学家索斯（1785～1867年）的名字命名的。位于露湾北

岸（西经 50°，北纬 57°），直径 98 公里，和加特纳环形山一样，向海一边的环壁看不见。

康达迈恩环形山。这是以法国物理学家和天文学家康达迈恩（1704～1774 年）的名字命名的。位于冷海和露湾的分界线上，在冷海的南岸（西经 28°；北纬 53°），直径 37 公里。由此往北的海面上，有很多凸起的小岛和环形山，这就是露湾和冷海的分界线。

在北纬 60°～70°范围内较著名的环形山有：

赫歇耳环形山。这是以英国天文学家 J·赫歇耳（1792～1871 年）的名字命名。他和他的父亲一样，也是一位蜚声天文界的著名天文学家。该环形山位于索斯环形山的东北部（西经 41°，北纬 62°），直径 156 公里，环壁南边缘面向露湾海面。

毕达哥拉斯环形山。这是以公元前 500 年古希腊哲学家和天文学家毕达哥拉斯的名字命名的。它位于 J·赫歇耳环形山之西（西经 62°，北纬 63°），直径 128 公里，在下弦月清晰可见。

邦德环形山。以美国天文学家邦德（1789～1859 年）的名字命名。直径 158 公里，月面中央经线正穿过它（东经 4°，北纬 65°）。环壁低

矮，看上去很像冷海北部的浅滩。

在北纬 70°～80°的范围内较著名的环形山有：

巴罗环形山：这是以英国数字家巴罗（1630～1677 年）的名字命名的。位于邦德环形山正北，直径 93 公里。

默冬环形山。以古希腊天文学家默冬的名字命名。位于巴罗环形山的东北部（东经 19°，北纬 74°），这个环形山虽然远离月海，可是南部环壁基本上看不清，底部和月海的颜色又很相近。形成这种结构的原因现在还不清楚。

白劳德环形山。这是以法国天文学家白劳德（1848～1934 年）的名字命名的。位于默冬环形山正东（东经 37°，北纬 74°），直径 87 公里。

戈尔德施密特环形山。这是以德国业余天文学家戈尔德施密特的名字命名。位于巴罗环形山西边（西经 3°，北纬 73°），中央经线正穿过这里，直径 125 公里。

阿诺萨戈腊斯环形山。以古希腊哲学家阿诺萨戈腊斯（公元前 500 至公元前 428 年）的名字命名。它紧靠着戈尔德施密特环形山的西侧（西经 10°，北纬 70°），直径 51 公里。环壁较高，

有明亮的辐射线，这在月面北部是很少有的，属于年轻的环形山。

月面北极点没有环形山。但在北极点附近有几个比较著名的环形山：

赫米特环形山。以法国数学家赫米特（1822～1901 年）的名字命名的，位于北极点之西（西经 88°，北纬 86°），直径 84 公里。处在可见半球和不可见半球的分界线上，西经 90°线正穿过它。

南森环形山。以挪威博学的地球北极探险家弗里德佐夫·南森（1861～1930 年）的名字命名。这位勇敢而聪明的探险家曾于 1893 年 6 月 24 日，领导“先锋”北极探险队巧妙地把船和浮冰冻在一起，开始了北极之行。经过 35 个月的艰苦航行，到达地球北纬 85°55′的最高纬度。为了纪念南森的顽强探索精神，把这座位于月面东经 90°上的环形山（东经 93°，北纬 81°）命名为南森环形山。直径 110 公里，它也横跨在可见面和背面的交界线上。

伯德环形山。这是以美国海军上将和地球极地探险家理查德·E·伯德（1888～1957 年）的名字命名。伯德曾于 1929 年开始，大量使用飞机进行极地探险。他先后领导 5 次南极

探险。因此把月面北极附近的环形山（东经10°，北纬85°）用他的名字作为永久的纪念。中央经线正穿过该环形山的西边缘。

皮尔里环形山。是以美国的极地探险家皮尔里（1856～1920年）的名字命名的。皮尔里曾两次横越格陵兰冰层，1900年他发现了格陵兰极北端的土地，现在称为皮尔里地。1906年他从埃尔斯米岛航行到了北纬87°06′的极地，离北极点只差274公里。1909年4月6日上午10时，他到达了北纬89°57′，创造了当时历史上的新纪录。为了纪念他卓越的功勋，把离月面北极点最近的环形山（东经30°，北纬88°）以他光辉的名字命名，以示纪念。这座环形山的直径是84公里。

由于投影的关系，从地球上看去，月球极地附近的环形山很不易见到。人类对月球极区的探索也还是很不够的，只是通过环绕月球运行的飞船拍下一些照片而已。极区还有很多不解之谜有待探索。

南部的高原和山区

皓月当空，人们一眼就可以看出月面南部显得格外明亮，月面南部的陆地与月面的月海区形成了鲜明的对比。这是因为月陆主要是由

斜长岩组成，对阳光的反射率较高。通过天文望远镜观察，会发现这里密布着大大小小的环形山，给人以千疮百孔之感，是典型的月面山区。

奇特的地形和地势：月面南纬 30°以南的月陆基本上连成了一片。这块陆地的地形是从东西边缘和中央区向赤道伸展，构成一个“山”字形。在这片广阔的陆区内也分布着两个月海。这就是以南纬约 50°和东经约 80°为中心的南海（月面后右下方）；与此相对称的另一边，即以南纬约 50°和西经约 50°为中心点的一片月海（月面的左下方），它是从湿海引伸而来，没有赋予专门的名称。这两个月海面积小，又在明亮的月陆包围之中，显得很不起眼儿。

月海区的地形地势有形形色色的湖、湾、沼、岛和半岛等特征。月球的地势自然有高地、峭壁、山脊、山链和隆起带等特征。月球南部陆地是环形山最密集的区域，真是密密麻麻，重重叠叠，尤以莫罗利卡斯环形山周围最为显著。一般来说，环形山的周壁高度在 300～7000 米之间，而环形山的直径相差甚大。直径在百公里左右的大环形山周壁有如群山环绕的盆地。直径在几十公里的环形山一般都比较高和深，有的深达几千米，宛如洞穴深渊。直径在几十米以下

的环形山周壁不高，但到处皆是。有人把月面南部山区比做神秘之宫，小环形山则像宫中的点缀物。

著名的环形山有：第谷环形山，以丹麦天文学家第谷（1546～1601年）的名字命名。位于月面西经11°、南纬43°，直径85公里，环壁高4850米，中央丘高1600米，它的结构复杂，并显现出年轻环形山挺拔峻峭的风姿。以满月时从地球上看到最多、最长、最美的辐射纹而著称。辐射纹从环形山中心呈弧形向外延伸，最长的可达1800多公里，共有12条。辐射纹贯穿整个南部陆地，叠加在许多环形山之上，有的甚至伸展到酒海、静海、云海、知海和风暴洋中，饶有特色，蔚为壮观，肉眼可以直接看到。

按月面演化史来分类，第谷环形山属于哥白尼纪，也就是与哥白尼环形山的年龄差不多。这类环形山的特点是环形山的周壁形态比较完整；有明显的辐射纹；岩石的反射率较高；属于年轻型的环形山。月面学家认为，它们在风暴洋和雨海等地发生大面积陷落结束以后才出现的。

第谷环形山一直吸引着天文学家、地质学家和广大天文爱好者的注意。1968年1月7

日，美国发射的“勘测者”7号月球探测器就降落在第谷环形山北侧不远的地方（西经11°26′，南纬40°53′）。这是人类发射的探测器降落在月球上最南方的一个。它对月壤进行了分析，还拍下了两万多张月球照片，其中拍下了第谷环形山辐射纹的近距照片，从照片上可以看出辐射纹上聚集着许多小环形山。

克拉维环形山：这是以德国的数学家和天文学家克拉维（1537～1612年）的名字命名的。它位于月面西经14°，南纬58°，直径约240公里，环壁严重崩塌，很像盆地周围的丘陵。在它的底部和环壁上还有很多环形山，其中环壁上两个较大的环形山，一个叫波特环形山，直径约52公里；另一个叫卢瑟福环形山，直径约54公里。可以想象，这里的地形和地势是多么错综复杂，恐怕在地球上是找不到这类难以认清的重叠的地貌结构了。

克拉维环形山不仅以其大而闻名，更以它身经亿万年的龙钟老态被月质学家们所选中，树它为古老环形山的代表。它的特点是：面积大；环壁崩塌，失去当年的原始面貌；底部平坦，没有中央丘；重叠着很多后生的环形山。

则利环形山：是以法国天文学家贝利（1736

～1793 年）的名字命名。它位于月面西经 60°、南纬 67°，直径约 303 公里，是月球上最大的环形山，属于克拉维类型。

牛顿环形山：是以英国物理学家和天文学家牛顿（1642～1727 年）的名字命名。它位于月面西经 17°、南纬 77°，直径约 64 公里，据说它可能是月球上最深的环形山之一。

另外，在莫罗利卡斯环形山周围不仅环形山密度大，并且这里的一些环形山也比较高。这是以意大利数学家莫利卡斯（1494～1575 年）的名字命名的，它的位置在月面东经 14°，南纬 42°，直径 114 公里，环壁高达 4730 米。

纬天平动：月球自转轴不垂直于它的轨道面，月球赤道与轨道面有 6°41′的夹角。同时，月球在公转中，自转轴指向基本不变。这样就产生了月球两极倾向地球的角度发生变化，最大变动为 6°41′，变化周期为一个交点月。

对于天文爱好者来说，只要经常仔细地观察月面，就会发现这种有趣的月轮变化。如果能进行天体摄影，可以从中测量出这种变化的角度，了解并确定月面南极附近部分区域时隐时现的可见程度。

南极点虽然无法直接观测到，但提供南极

点附近的几个目标可帮助判断南极点。在南极点之东约3°的地方有一个环形山叫阿孟德森环形山，直径约100公里，东经90°经线正穿过它；在南极点之西约7°的地方有一个叫德里加尔斯基环形山，直径约176公里，西经90°经线正穿过它；从南极点往北约5°处有一个叫玛兰波特环形山，直径约55公里，中央0°经线正穿过它。在这三个环形山经度的交点处，就是南极点。恰巧在南极点有一个小环形山。

诚然，关于月球南极陆地的特征，远不如我们对月球赤道区域了解得多，还有待进一步的认识。

月球上的“风暴洋”

唐代大诗人杜甫在描述月亮时写到：“斫却月中桂，清光应更多。”神话故事中的月中桂树，主要就是指月面左边的黑暗部分，即月海区，风暴洋就在这个区域。风暴洋这个名称听起来很可怕，其实这里既无风暴，更不像地球上烟波浩渺的汪洋，名不符实。它只是月面上宁静而辽阔的平原，而且是月面上最大的平原，唯一的“洋”。

复杂的地形：农历每月十五以后，才能看到风暴洋的全貌。通过天文望远镜观察，风暴洋和

月面西部的雨海、知海、湿海和云海及北部的冷海相通，构成一幅极其浩瀚的壮观图景。整个西部“海域”和东部零散分布的月海形成鲜明的对比。西部“海域”的特征一是面积大，是东部月海面积的 3 倍左右，占西部月面约 3/4；二是个数少，只有 5 个；三是以风暴洋为中心，连成一片。

风暴洋的位置处于大约北纬 60°至南纬 20°，西经 85°至东经 10°之间。南北向最大距离约 2400 公里，东西向最大距离约 2900 公里。整个面积约 500 万平方公里，比其他所有月海面积之和还大一些。风暴洋的东北部和环形的雨海相通，北面的露湾和冷海相连。露湾的面积约 20 多万平方公里，比危海的面积还大；东岸一直延伸到月面的中央区，那里有中央湾和暑湾。南部的知海、湿海和云海连在一起，形成与南部著名的山区相毗邻的格局；整个西部洋岸错综复杂，各种形态的半岛和岛屿显现出典型的海洋特征。由于受月球经天平动的影响，西部边缘“时隐时现”。

地势特征：风暴洋以千姿百态的地势风貌给天文观测者留下深刻的印象。它的地势特征可以归纳如下：第一，风暴洋中的岛屿甚多。以

北纬约 10°，西经约 20°的哥白尼环形山为中心的周围就是一个引人注目的大岛，大约有 20 万平方公里；在该岛西边不远的地方，又有一个以开普勒环形山为中心的奇形怪状的岛。在这个岛周围还伴有很多小岛；在风暴洋和雨海相通的洋面上有一个近似长方形的岛屿，该岛上也有一个著名的环形山，叫阿里斯塔克；西岸附近的小岛更是星罗棋布；在风暴洋和知海之间矗立着长达 200 多公里的里菲山脉，它像一座拔地而起的洋和海的分水岭。第二，具有明亮辐射纹长的环形山最多。观赏明月，人们常被月面几处具有明亮辐射纹的亮斑所吸引。这些辐射纹的中心亮斑就是环形山，最清晰的就是云海之南的第谷环形山。在风暴洋中还有三处这样的环形山，它们是哥白尼环形山、开普勒环形山和阿里塔克环形山。这些美丽的辐射纹在暗灰色洋面背景衬托下，显得格外迷人，像三颗明珠，在强烈的阳光下光彩夺目。哥白尼环形山直径 90 公里，辐射纹直径约 1200 公里。由于它位于月面中心附近，辐射纹显得特别清楚。美国发射的探月飞船拍下了许多细葺照片，原来辐射纹上还存在许多小环形山，环壁中间有隆起的中央丘。开普勒环形山的直径约 32 公里，辐射纹

长约640公里。阿里斯塔克环形山直径约40公里，辐射纹长约430公里，它以有时发出奇异的光辉而闻名。1958年前苏联天文学家科齐列夫曾拍下它发出粉红色光辉的光谱照片。1969年7月21日，美国"阿波罗"11号载人飞船在环绕月球运行时，宇航员阿姆斯特朗恰好发现它发出荧光。至于为什么会发出短时的奇异光辉，现在尚无确切的解释。有人认为是从环形山内喷出的气体，有的则认为是由于太阳上射出的质子流引起的。第三，风暴洋及其内部的各种地势，应与雨海、知海、湿海和云海看成一个演化整体。当然，它们形成或许有先后之分，但是，作为相通的近邻，又必有其内在的演化联系。比如，风暴洋的西部和南部就存在明显的陆地和海洋之间的过渡地带。根据测量表明，陆区的月壳厚度约为40～60公里，海区的月壳厚度约在20公里以下，过渡带的月壳厚度一般在30～40公里之间。湿海和云海等于是风暴洋伸向南部陆地的近海，它们的岸边地势非常复杂。云海东部海面有长约200公里的直壁，西南边缘有疲沼和长280多公里的赫西奥杜斯月溪，西岸有长200公里、宽5公里的伊巴勒月溪。湿海比月球平均水准面低5200米，西岸有200多公里长

的利比克峭壁。第四，风暴洋周围著名的环形山最多。在东岸有托勒密环形山、阿尔芬斯环形山、阿尔札赫环形山。西部有加桑迪环形山、列特龙环形山、格里马第环形山、里希奥利环形山、赫韦斯环形山、卡达努斯环形山、克拉夫特环形山和罗素环形山。西北部有毕达哥拉斯环形山。处在正面和背面分界线上的有爱因斯坦环形山。处在西部洋面上的还有伽利略环形山。

对风暴洋的探测：1969 年 11 月 19 日，美国“阿波罗”12 号载人飞船在风暴洋洋面（西经 23°20′，南纬 3°02′）着陆，距离 1967 年 4 月 19 日美国发射到月面的“勘测者”3 号仅 180 米远。宇航员在月面活动两次，共 7 小时 53 分钟。活动离登月舱最远达 900 米，带回 59 公斤月壤和月尘的样品。其结晶岩石主要为玄武岩，这是月海的共同特征。鉴定表明：风暴洋的玄武岩是目前已知几个月海中最年轻的。从目前已取得的岩石样品测定：静海玄武岩年龄在 35 亿～38 亿年；澄海玄武岩年龄在 37 亿～37.9 亿年；丰富海玄武岩年龄在 34.5 亿年；雨海玄武岩年龄在 33 亿～34.5 亿年；风暴洋玄武岩年龄在 32 亿～33 亿年。

1971 年 2 月 4 日，美国“阿波罗”14 号载

人飞船在风暴洋中的高地（西经 17°27′，南纬 3°40′）上的弗拉摩洛环形山以北，哥白尼环形山以南约 390 公里处着陆。宇航员在月面活动 8 个小时 54 分，最远活动范围为 3.6 公里。使用手推车在三个地方采集了样品：着陆区西面的平原；高 100 米山脊上的月壤；一个直径为 340 米的较年轻的环形山喷发出的沉积物。带回的 50 公斤岩石和月壤样品中，大多数为长石质的角砾岩，它们充分显示出受冲击和热效应的特征。着陆区的月壤层厚 8.5 米，不仅有颗粒形的表土，还有因受冲击而形成的玻璃球粒。

总之，风暴洋不仅以大而显赫，更以地形多样、地势复杂而闻名。对风暴洋的探测和研究，将有助于人类对月球起源和演化的进一步认识。

月球上的“雨海”

遥望明月，在圆圆的月面左上方，有一片近似圆形的暗灰色区域，被称为“雨海”。当然，月球上没有大气和水，因此，这里不是名符其实的“雨海”，而只是月球上的平原。“雨海”这一美称是意大利天文学家里希奥利于 1651 年命名的，至今已有 300 年以上的历史了。它以典型的环形结构和复杂的地势而闻名。

“雨海”周围的地形：通过天文望远镜，我们可以清晰地看到雨海恰似一个巨大的圆形广场。虽然伽利略没有绘出这部分月面图，但是，在1643年波兰天文学家赫韦斯画的月面图上，就十分清楚地画出了雨海的位置、形状和周围的环境特征。雨海位于月面的西北部，大约在北纬15°～50°，东经10°至西经40°之间。它的北面隔着一条高地与东西走向的冷海为邻；东边地势起伏很大，山高谷深，峭壁悬崖，由弗雷斯内尔海角与澄海相通；南部同以著名的哥白尼环形山为中心的高地和伸向陆地的暑湾毗连；西侧主要同浩瀚的风暴洋相连，一眼望去，雨海像是风暴洋的一个海湾。从字义上看，这里的自然环境似乎十分恶劣，好像处在暴风骤雨袭击之下，其实，这里乃是万籁俱寂。

雨海的总面积大约为887000平方公里，比我国青海省的面积稍大一点。在22个月海中，面积仅次于风暴洋，居第二位。它和风暴洋、澄海、静海、云海、酒海和知海构成月海带，并以典型的环形月海著称。

“雨海”的地势特征：雨海从地形的角度看是封闭的圆环形，它被群山环抱，是一个典型的盆地结构。它的东北部有阿尔卑斯山脉；东边有

高加索山脉和亚平宁山脉；南面有喀尔巴阡山脉；西部虽然与风暴洋连成一片，但是有较小的前驱山脉；西北方有朱拉山脉；正北有直列山脉和泰纳里夫山脉；在东部海中有斯皮兹柏金西斯山脉。目前已知整个月球上共有 15 条山脉，而雨海周围就有 9 条，这在月海中是独一无二的。因此，有些科学家联想到地球上太平洋周围也有断断续续的山脉环绕，从而探索类地天体构造的共同规律。

雨海和它周围的地势构成了一个整体。如果通过天文望远镜直接观察雨海的东岸，这里的地势会使人有错综复杂之感。弗雷斯纳尔海角将隔开雨海和澄海的大山脉拦腰割断，北段就是高加索山脉，南段就是亚平宁山脉，从而使雨海和澄海相通。雄伟的亚平宁山脉长 640 公里，是月球上最大的山脉。向着雨海的一侧坡度陡急，形成悬崖峭壁，高出雨海 3000 多米，而向外一侧则比较平缓。1971 年 7 月 26 日美国发射的“阿波罗”15 号宇宙飞船的登月舱就降落在亚平宁山脉北部哈德利山西侧的哈德利峡谷。这是到现在为止，人类登上离月球赤道最远的地区，大约在北纬 26°26′。宇航员们第一次驾驶着机动的月球车在这里考察，并爬到高耸的

亚平宁山山坡，采集了一批岩石和土壤，为进一步研究月陆和月海的变迁带回了可靠的样品。

月面上还有一些蜿蜒数百公里长、几公里宽的大裂缝，看起来很像地球上的沟壑或谷地，较宽的称为月谷，较窄的称为月溪。雨海这里既有月谷，又有月溪。在“阿波罗”15号登月舱着陆点的西侧，就有一条名为哈德利月溪。它长100多公里，宽1.5公里，深400米，是最清晰的月溪之一。在雨海东北部的阿尔卑斯山区，有一条长130公里、宽10多公里的大峡谷。它的外形整齐笔直，把雨海和冷海沟通，这就是非常著名的阿尔卑斯月谷。从一般的天文望远镜里都能清楚地看出它独特的外形，很像地球上的苏伊士运河。当然，谁也不会相信它是人工开凿的。

在雨海的北岸，我们可以看到著名的柏拉图环形山。它的直径在96公里，底部和雨海“海面”一样高。早在1878年，有人曾几次观测到柏拉图环形山底部随太阳在月球天空的高度不同而变幻着明暗。1949年4月，有人发现柏拉图环形山底部出现一次金黄色的闪光。这些奇妙的现象虽然还不能给出正确的解释，然而，由此可以看出不少观测者是一直注视着这里的

变化的。在阿尔卑斯山脉和高加索山脉之间，在雨海的海面上有一座直径58公里的环形山，它是以意大利天文学家卡西尼的名字命名的。这是由于卡西尼根据自己多年观测，于1680年画出精细的月面图，并发现月亮运动的三条规律。卡西尼环形山西边有一个貌不出众的小山，在空旷的海面上，它显得形单影只，叫皮同山。其实它是一座长约28公里，高约2300米的大山，阳光斜照产生的阴影可以长到它高度的30倍。雨海东部还有3个极为明显的环形山，它们是阿基米德环形山、奥托里环形山和阿里斯基洋环形山。值得一说的还有阿基米德环形山。它和柏拉图环形山一样，坑底与月海面一样高，一样平坦，只有环状壁的顶端露出海面。这是一类比较老的环形山，它们是在月海形成之前产生的。有的月面学家就选择它作为这个时期的代表，也作为划分月面史的一个标志，叫阿基米德纪。在亚平宁山脉的南端，还有一个大名鼎鼎的环形山，叫爱拉托逊环形山。它在东西向上把亚平宁山脉和喀尔巴阡山脉分开；在南北向上它是雨海和暑湾的分水岭。爱拉托逊环形山的直径约59公里，外形还保存着形成时期的样子，然而已失去了辐射纹，它应该是在月海形成之后

出现的，比柏拉图环形山和阿基米德环形山年轻得多。有的科学家把那个时代称之为爱拉托逊纪。这些具有不同演化阶段的环形山，为壮观的雨海添色增辉。

月海伸向月陆的部分称为“湾”或“沼”。月球上共有5个湾和3个沼，而雨海区就有两个湾和一个沼。它们是西北崖的虹湾和阿基米德环形山旁的眉月湾，以及亚平宁山脉和阿基米德环形山之间的腐沼。虹湾像半个环壁镶在雨海的西北岸。通过天文望远镜观测，它的形状非常像地球上雨后弯弯的彩虹，虹湾也就因此而得名。其实，它是一个外围被朱拉山脉环绕的大环形山，直径约有290公里。它的一半已被雨海熔岩掩盖，被掩环壁的痕迹还可以见到，没有被掩的环壁部分就是虹湾。1970年11月10日，前苏联发射的“月球”17号飞船就降落在虹湾南边，把第一辆月球车放到雨海。

雨海区域的地势是非常复杂的，又是极为壮观的，因为它囊括了月面构造的多种多样的类型，所以很早就引起天文学家和地质学家的重视。

“雨海”的形成：雨海是怎样形成的？这不仅是一个迷人的问题，而且是月面学研究的重

要课题。一般说来，关于雨海的形成有两种解释。一种认为大约在39亿年前，一颗巨大的陨星（或小行星）撞击在月面上，形成巨大的坑穴。然后，陨星坑的四周引起山崩和断裂，形成更大的月海盆地，亚平宁山脉和高加索山脉就是当时的断层。大约在31亿年前，陨星冲击诱发，使大量的熔岩涌出，熔岩淹没了月海盆地内部，形成了今天的雨海。这就是所谓的“雨海事件”。另一种解释认为，月海是月球自身演化的结果，大体上都是在同一时期内形成的。当然，尽管近20年来人类对月球的认识深入多了，但是，雨海的产生仍是有待研究的课题。

皓月传真

皓月当空，月华如水，常令人思绪万千，遐想无限。我国自古流着“嫦娥奔月”、“吴刚伐桂”等美丽神话。古希腊人把月球看作美丽的狩猎女神阿尔忒弥斯，并且把女神狩猎时从不离身的银弓作为月球的天文符号，记为“月牙形”。忠诚的卫士护卫着地球，是咱们地球唯一的天然卫星。

月球本身不发光，也没有大气，太阳光照在月球表面，有的地方反光本领大，有的地方反光本领小，所以咱们就看到月面上有明有暗。“月里嫦娥”、“玉兔捣药”和“吴刚伐桂”都是由暗部的形状想象出来的。

当今大型天文望远镜能分辨出月面上约 50 米（相当于 14 层高楼）

的目标。然而望远镜里的月球和神话中的月宫毕竟大相径庭，那是一个死寂的荒凉世界，并非广寒仙境。

月　震

如果说起地震，我想你一定知道许多。譬如，地震的成因，地震的破坏性，几次著名的大地震，或许你还亲身感受过地震。

那么，什么是月震呢？在月球上发生类似地震一样的震动，叫月震。恐怕知道月震的人不多，感受过月震的人肯定没有。然而，月震确实存在。并且人类已初步了解了它的一些规律。因此，科学正在逐步揭开月震之谜。

我们居住的行星具有坚固的大地，为什么会产生震动呢？一般说来，地震可分两大类：一类是自然因素引起的地震，全世界每年发生几百万次地震，其中90%以上属于这类构造地震：如地下岩石构造活动引起地震；火山活动引起地震，这类地震不多；局部地面陷落引起地震，这类地震很少；海岸或山坡崩塌也能引起地震；陨石撞击地面也会引起局部地震，譬如，1976年3月8日，大陨石落在我国吉林市北郊等处，就曾引起1.7级地震。上述这些属天然地

震。另一类是人类的活动引起地震，如进行地下核爆炸或开山炸石等，这属人工地震。

深藏在地球内部的物质活动非常剧烈，这种活动必然要影响地壳的活动。地震主要取决于地球自身的物质活动，同时还应看到，地球处在动态而且是多层次的太空环境之中，受到太阳、行星和月球等天体的影响。这种影响有引力的束缚，可见光的照射，粒子流的袭击和电磁场的扰动等。这些也是触发地震不可忽视的外部因素。

作为绕地球运动的卫星——月球，有没有月震呢？1969 年以前，人们谈起月震来，还只是作为一件奇事来猜想，或进行科学推测而已。总之，那时谈月震确实还是个谜。

人类要想实现登月，必须确切掌握月面环境状况。月球表面结构如何？月球内部活动怎样？有没有月震？月震的能量有多大？月震的频次有多少？这些问题直接涉及到人类能不能登月，能不能长期在月球上停留。因此，探索月震活动是实现人类登月考察的重要问题之一。

1969 年 7 月，美国“阿波罗 11 号”载人飞船首次登月时，放到月面的三件科学测量仪器中，就有自动月震仪。在以后几次人类登月活动

中，都带去了测量月震的仪器。第一个自动月震仪放在月面的静海西南角。其他5个分别在风暴洋内东南边、弗拉·摩洛地区、亚平宁山区的哈德利峡谷、笛卡尔高地和澄海东南的金牛——利特罗峡谷。第一个月震仪仅工作21天就停止了。到1977年9月30日，其他月震仪也先后停止了工作。八年间，人类在地球上就能了解月球的脉搏——月震，共监测到10000多次月震活动。

月震和地震相比，有如下特点：

（1）已知月震的次数比地震少许多。月震每年平均近千次，地震每年平均达几百万次。

（2）月震强度也不如地震大。一般月震仅相当1～2级地震。

（3）月震震源大多在月面下800～1000公里处，属深源震。地震震源多在地面下几十公里至300多公里处，属浅源震或中源震。

（4）月震在月球内部要经过多次回波反射，震波持续的时间长。同样震级的小震，在地球上持续一分钟左右，而在月球上要持续一个小时。

（5）月面上是一个相对宁静的世界，对接收月震波的环境干扰甚少。

（6）月震中也有来自陨石撞击引起的震动。

月球没有大气保护，陨石体不经过大气摩擦减速，直接砸在月面。譬如，1972 年 7 月，月震仪记录到一次 3.5～4 级的月震。后来得知这是一块一吨左右的陨石撞击月面引起的震动。

（7）月震中也有人工月震。譬如，后来几次载人登月飞行时，宇航员进入返回地球的轨道，便把 2.4 吨重的登月舱上升段投向月球，它以每秒 1680 米的速度撞击月面，形成相当于 6.8 吨 TNT 的爆炸力，造成人工月震。“阿波罗 16 号”宇航员在月面上考察时，投掷过一个爆炸金属管，还在月面上设置一个枪榴弹筒，三个月后，地面控制中心将它引爆。请你不要以为宇航员是在随心所欲地搞什么恶作剧，他们是在用人工月震测试月面和月壳的物理性质。

（8）月面结构直接裸露在太空环境中，太阳照射时的高温和没有太阳时的严寒，这样温度突变，会引起月面岩石的轻微震动。科学家称这种变化引起的震动为热月震。这种震动在地球上是没有的。

月震的秘密

和认识地震一样，我们不仅要了解月震的次数和震级的大小，最主要的是从中探索它震动的规律，查出它震动的内因和外因，使认识达

到更深入的层次。地震和月震都是天体的正常活动。一次月震从孕育⟶发展⟶发生，这是一个复杂的天体物理和化学变化过程。科学家们潜心研究的就是这些天体的本质。地震学是这样，月震学也是如此。

现在已知月震的空间分布状况是：向着地球的这面比背着地球的那面，发生的月震更多些；在向着地球的一面上，分布着四个深月震的震中带；月海区的地震比月陆区多。前面已介绍过深月震居多，已证实出深震源区有109个，在这些区域反复发生月震。

与月震的空间分布相对应的时间分布也是很重要的。科学家们发现，深月震的时间分布有一定的周期规律。其中有13.6日、27.2日和206日等周期。这些周期有什么意义呢？从中说明什么问题呢？13.6日是0.5个交点月，27.2日是一个交点月，206日与太阳引力有关系。这就是说，深月震的发生与地球和太阳对月球的起潮力有触发性的关系。

浅月震比深月震少很多。从统计来看，在一万多次月震记录中只有28次。但是能量最大的月震就是浅月震，已记录到最大的浅月震为4.8级。它们发生在月面下0～200公里。浅月

震与地月之间的位置无明显关系。有人认为浅月震可能属月球的构造月震。但也有人不同意这个观点，仍属奥秘。

月震有两大类：深层月震和浅层月震。

深层月震：月震发生于深度达 600～1000 公里的月幔之中，震中位置，位于 30°N～40°S 之间，北半球明显多于南半球，每次月震释放的能量较小，仅 10^{11}～10^{12} 尔格，但有显著的 27 天周期性，与地球对月球的起潮力有关，还有 206 天和 6 年的太阳调制周期。

浅层月震：发生在月壳表层 0～200 公里之内，每年仅发生 1～5 次，每次月震释放的能量为 10^{12}～10^{15} 尔格，产生于月壳的断裂带上，对这类月震目前尚难找出发震的规律，似乎与地震的机制有些类似，难于预报。

通过对月震分析表明：向地球一面的月壳厚度为 60～65 公里，在月幔中有 12 处质量集中区（简称质瘤）大都在月海中央，起因于密度较大的陨石撞击月球后，未被月幔熔化，当受到地球起潮力的吸引，质量重的质瘤旋转向地球的那面，使得月球总是一面对着地球，即与地球同步转动。而背向地球的那面月壳较厚，达 150 公里，密度稍小。深层月震的能量来源，恰好是

地球起潮力释放的能量，使质瘤间位置发生微小变化，月震后又回到原来位置，并使得月球每年远离地球5厘米而去。

LTP称为月球瞬变现象，是月球表面突然变亮、变暗、变红、变蓝、闪光等现象的总称。这种月球奇辉一般能持续20分钟以上。早在公元557年就被人类观察到并记载下来，至今共有1500多次。阿波罗宇航员有3次登月过程中看到了LTP，强过研究分析表明：LTP与近地点密切相关，并与太阳活动有一定的相关性。

从1995年7月12日云南孟连西发生了7.2级强烈地震以来，接着发生于云南禄劝和丽江、山西阳高、甘肃天祝等5次大地震，都发生在月相的朔日或望日。香港余新河先生认为：月球对地球的起潮力可能是触发地震的关键因素，并认为地震前物理场的变化可能在月球上有反映。中科院云南天文台吴铭蟾研究员在统计15世纪以来云南省发生的大地震时，发现某些地区（如通海、峨山等）的大地震，恰好发生在黄白交角的极值期。对全球地震的统计亦有类似情况，即有些地区与黄白交角相关。

前苏联科齐列夫教授在地理学会上宣读论文称：月球上火山现象及月震与地震有明确的

关系，这类月球现象的次数在地震期间增加了2倍。曾经发现在日本大地震前数小时，月球阿里斯塔赫环形山有红色斑点出现。

我国唐山大地震发生前几小时，当时月相正值朔日，本应看不见的新月完全泛红，十分明显。由于强震前现已测到有强烈低频电磁波辐射，以及磁场等物理场的变化，因此研究月球现象及月震，对地震的临震预报，具有十分重要的意义。

野月亮

好端端的一个圆圆的月亮，突然在一个角上出现了黑影，而且还在不断地扩大，扩大到一定的程度之后，有时甚至把整个月亮都遮住了，经过一段时间之后，黑影又一步步往外退，最后是黑影全部退出月面，月亮恢复原来的样子。这是一次月食的全部过程。

也曾有人把那个突然“光临”的黑影称为“野月亮”，平常我们看到的那个明亮的月亮就被称为“家月亮”，月食就被叫做“野月吃家月”。

其实，我们的地球只有一个月亮，它就是地球的唯一卫星，或者叫月球。至于那个被称为

“野月亮”的黑影，它既不是月亮，更无所谓“野”，它实际上只是我们地球自己的影子罢了。

地球也是一个不能自己发光的天体，被太阳照亮的半个地球是白天，得不到太阳光的另外半个地球就是夜晚。在阳光的照耀下，物体后面都拖着一条影子，地球也不例外。尽管随着地球、太阳之间距离的变化，地影有长有短，但无论是在什么样的情况下，它永远是一条紧接在地球后面的巨大无比的“尾巴”。地球的这条影子尾巴平均长 138 万多公里，最短也不会短于 136 万公里，最长则可超过 140 万公里。

月、地之间距离的变化范围大体是 36～40 万公里。大家可以看到，月亮环绕地球运动而转到了地球背向太阳一侧的时候，只要机会合适，它就会从地球的影子中穿过，影子把一部分月亮遮住的现象就是整个月亮都进入了地球的影子时，就是月全食。不像日环食那样，永远也不会发生月环食，道理也很简单，因为月亮穿过的地影那个部分，其直径远远超过月亮的直径，地影永远也不可能只遮住月亮的中间部分，而让它还露出一圈边来。

月食只有月全食和月偏食两种。因为地球的本影锥很长（最短也有 1360000 多公里），这

远比月亮和地球之间的最大距离还要大得多，所以发生月食时，月亮只能进入地球的本影内，而永远不会进入地球本影锥尖外的伪本影中，就是说月食不会有环食现象发生。如果月亮只有一部分进入到地球本影内，即月面只有一部分被遮住，这就是月偏食。如果月面整个被地球本影遮住，这就是月全食。

由于月亮是自西向东绕地球转动的，所以在发生日食时，总是太阳的西边缘开始被月亮遮住，并慢慢向东边缘发展。一次日全食的全过程共分为五个阶段：即初亏、食既、食甚、生光、复圆。月面的东边缘和日面的西边缘相外切时称为初亏，即日食过程开始的时刻；初亏过后，当月面东边缘与日面的西边缘相内切时称为食既，这是日全食开始；食既以后，当月面的中心和日面的中心相距最近时称为食甚（对偏食来说，食甚是太阳被月亮遮去最多的时刻）；当月面后西边缘和日面的西边缘相内切的瞬间称为生光，这是日全食结束的时刻；生光之后，月面继续移离日面，当月面的西边缘与日面的东边缘外切时称为复圆，日食的全过程到此结束。日偏食时只有初亏、食甚和复圆三个阶段。日环食则与日全食一样，包括初亏、食既、食甚、生光、

复圆五个阶段

月食时总是月亮的东边缘首先进入地影，当月亮与地球本影第一次外切时，这标志着月食的开始，称为初亏；初亏之后月亮慢慢进入地球本影内，当月亮与地球本影第一次内切时标志月全食开始，此时食既；当月亮圆面的中心与地球本影中心最接近的瞬间，称为食甚；食甚过后，月亮慢慢在地球本影内移动，当月亮与地球本影第二次内切时，标志着月全食的终结，称为生光；生光之后，月亮逐渐离开地球本影，当月亮与地球本影第二次外切的瞬间，标志着月食整个过程的完结，称为复圆。所以，月全食也同样有五个阶段：即初亏、食既、食甚、生光、复圆。而月偏食则只有初亏、食甚和复圆三个阶段。

我们在日食和月食的预报中，常常会看到“食分”这样一个词，它用来表示食甚时日面或月面被遮掩的程度。对于日偏食，食分是指日面被遮去部分和日面直径之比。以太阳的直径作为1，如果食分为0.5，就表示太阳的直径被遮去了一半。对于全食或环食，食分是月面直径与日面直径之比，很显然，日全食的食分总是大于或等于1，日环食的食分小于1。对于月偏食，食

分是指在食甚时月亮直径被遮的多少和月亮直径之比。如果食分为0.7，那么就表示就表示月亮的直径被遮去十分之七。对于月全食，食分指月亮直径进入地球本影部分与月亮直径之比，所以月全食时，食分大于1或等于1。

日食和月食的规律与周期

由于月亮围绕地球运动的轨道面（白道面）和地球围绕太阳运动的轨道面（黄道面）有平均5°09′的夹角，所以朔的时候，月亮有时在太阳上方通过，有时在太阳下方通过，并不发生日食。望的时候，月亮有时在地影的上方通过，有时在地影的下方通过，并不发生月食。只有当朔或望的时候，太阳、月亮在黄白交点附近才会发生日、月食。由于太阳、月亮的视直径都在半度左右，所以当太阳距交点一定角距离内（限角），朔时，太阳就可能被月球遮掩而发生日食。同理，望时，月亮就能进入地影而发生月食。这时，太阳距交点的角距离叫做食限。由于月亮和太阳的视直径随着它们和地球的距离的变化而有时大些，有时小些，而且黄白交点也有变化，所以食限也有所变动。根据计算，日食限角最大为17°9′，最小为15°9′之间可能发生日食，也可能不发生日食。同理，望的时候，月食最大限角为

11°9′，最小限角为10°0′。就是说，望的时候太阳离开交点的角距离大于10°.0时，地球上一定在某个地方能够看到月食。月食限在10°.0和11°9′之间时，是否发生月食，需精密计算才可知道。

由于黄白交点有两个，太阳在一个历年内通过升交点、降交点各一次，所以一年中有两个时期会发生日食和月食，发生日、月食的时期叫作食季。日食食限约18°，运行到交点以东18°，太阳作周年视运动从交点以西18°，约需36天，所以日食的每一食季为36天。对于月食而言，月食食限为12°，所以月食的每一食季只有24天。日食季是36天，这比朔望月的长度29.5306天要长，因此在一个日食季内必定会发生一次日食；一年内至少发生两次日食，如果每一食季中包含两个朔日（食季始即是朔日，食季尾必有朔日），则会发生两次日食，一年就会有四次日食发生。由于月食食季只有24天，比朔望月的平均长度29.5306天短，月食季内可能含有一个望日，也可能不包含望日。就是说一年内可能有两次月食，可能一次月食都不发生。

如果黄白交点是不变的，那么食季也就在每年相同的一段时间内。但是，事实上黄白交点

是变动的，交点的位置每年自东向西移动 19°4′，每 18.6 年在黄道上运行一周。太阳是自西向东在黄道上作周年视运动的，就是说交点迎着太阳运行。这样一来，当太阳从一交点起经过另一交点再回到原来交点运行一周所用的时间，比太阳在黄道上运行一周的时间要短 19 天，为 346.62 天（叫交点年，也叫食年）。所以食季平均每年提早 19 天。由于食年比回归年要短 19 天，所以在一历年内太阳可能三次经过交点。例如，1 月 1 日通过升交点，半年之后通过降交点，到了年末再一次通过升交点，即是说一年内有两个半食季，这时一年中可能发生 7 次日、月食（5 次日食、2 次月食，或 4 次日食、3 次月食）。一年中日食次数比看到月食的次数多。对于地球某一地点，实际上看到的月食次数比看到日食的次数多。这是由于发生月食时，背着太阳的半个地球都可看到。而发生日食时，月亮影锥只扫过地球上一个狭窄的地带，只有日食带内的人才能看到日食。尤其是全食带只有 200 多公里宽，有时大部分在大洋地区，因此很少有人能看到日全食。一个地方平均要二三百年才能看到一次日全食。

由于地球绕太阳和月亮绕地球的公转运动

和黄白交点的移动都是有规律的，所以相隔一定的时间就会发生一次大致类似的日、月食。早在古代，巴比伦人就根据对日食和月食的长期统计，发现了日、月食的循环周期为233个朔望月，这个周期叫作沙罗周期，沙罗就是重复的意思。233个朔望月的时间长度（等于6585.32天），等于19个食年（等于6585.78天），又和242个交点月（月亮从交点又回到同一交点的时间间隔，242个交点月等于6585.35天）的时间长度相等。就是说，在一个沙罗周期中，太阳、月亮和黄白交点就又回到原来的相对位置，因此就又发生和上一次相类似的日、月食了。一个沙罗周期约合18年11 $\frac{1}{3}$ 日，如果这期间有5年闰年就有18年10 $\frac{1}{3}$ 日。由于这个周期不是整日数，所以下一次日、月食的见食地点和食相与上一次日、月食的见食地点和食相也会有所变化。我国汉代天文学家对日、月食作过深入研究，发现日、月食具有135个朔望月的循环周期。135个朔望月等于3986.6天，相当于11年少11天。就是说在11年少11天的时间间隔内，类似的日、月食就重复发生一次。这个循环周期记载在汉代“三统历”中，因此又叫“三统历周期”。

水星和金星

水星最亮的时候，目视星等达-1.9等。由于水星和太阳之间的视角距离不大，使得水星经常因距离太阳太近，淹没在耀眼的阳光之中而不得见。即使在最宜于观察的条件下，也只有在日落西山之后，在西天低处的夕阳余晖中，或是在日出之前，在东方地平线上才能看到它。

金星离太阳由近及远的次序属于第二，它是离地球最近的一颗行星。除太阳、月亮之外，金星是天空中肉眼能看到的最亮的星，亮度最大时为-4.4等，比天狼星亮14倍，我国古代曾把它称为“太白”。金星比地球更靠近太阳，从地球上看去，它和太阳的最大视角距离不超过48°。因而，金星不会整夜出现在星空，它有时闪烁在群星都已隐去的朝霞中，有时又出现在众星尚未露面的落日余晖里。当金星出现在黎明的东方天空时，我国民间称它为启明星；出现在黄昏西方天空时，我国民间称它为长庚星。《诗·小雅·大东》中“东有启明，西有长庚”，指的就是金星。在天文学中，金星的符号以♀表示。

壮观的天象

晴朗的白昼，阳光灿烂，突然间光芒四射的太阳被一个黑影遮挡住，黑影逐渐扩大，有时甚至太阳的整个圆面完全被遮住，这时黑夜突然降临大地，气温骤然下降，天空呈现一片夜色，明亮的星星显露了出来，这就是发生了日食。

日食，特别是日全食，是天空中颇为壮观的景象。如果把日全食的过程拍成一部电影，可以看到这样一些镜头：一个黑影从太阳西边遮来，被遮的面积逐渐扩大，当太阳只剩下一个月牙形时，天色昏暗下来，慢慢地太阳全被遮住。突然，太阳四周喷射出淡蓝色的日冕和红色的日珥。月影不断向东移去，太阳西边缘又露出光芒，大地重见光明，太阳渐渐恢复了本来面貌。仔细观察，在日全食即将开始或结束时，太阳圆面被月球圆面遮住，只留下一圈弯弯的细线，这时往往会出现一串发光的亮点，像是一串晶莹剔透的宝珠。这是由于月球圆面边缘高低不平的山峰把太阳发出的光线切断造成的，英国天文学家倍里（Berrie）于1838年和1842年首先描述并研究了这种现象，所以称为倍里珠。

倍里珠

倍里珠是日食时出现的一种亮点现象。在日全食的过程中，当月球即将全部遮没日轮的瞬间，从黑色的月球边缘突然出现一个或数个发光亮点，形似一串光彩夺目的“珍珠”，或者是指环上的“钻石”。这种“珍珠”的寿命异常短暂，甚至用“昙花一现”来形容它还嫌太长，只要月球继续移动一下，这种现象便立即消逝。

这种现象的产生，是因为月球不是一个光滑的圆球，它的表面山峦起伏、崎岖不平。当月球即将把日轮全部遮没，或是月球即将离开日轮的刹那间，月球边缘总有1个或数个山谷和凹地成为月轮的缺口，太阳光便能穿过这些小小的缺口射向地球，形成一个或一串发光的亮点。此时，整个太阳均已失去了光辉。唯独这个缺口依然明亮刺目，十分壮观，令人终生不忘。

由于这种亮点很像一串在黑暗的天穹上大放异彩的宝珠，也为了纪念英国天文学家倍里为解释这种现象所作出的贡献，天文学家把这种突如其来、转瞬即逝的奇景叫做“倍里珠”。除日全食外，在日环食的过程中也会发生倍里珠现象。

日全食

日全食是日轮被月球全部遮没的一种日食。日全食过程中，有一个最长不超过7分30秒的太阳被月球全部遮没的阶段，这时刺目的太阳光球部分被全部遮没，平时不可能看到的暗弱外层大气便显露出来，因此，是研究太阳色球层、日珥和日冕，以及针状物的极好机会。

日全食的景象极为壮丽动人，被誉为天象中的桂冠。日全食开始时，明亮的日轮右侧忽然出现一个圆弧形的缺口，这个渐渐侵入日轮的黑球便是运行到太阳方向的月球。接着日轮愈来愈甚地被侵食，最后只剩下蛾眉月般的细细一丝。这时天空迅速变暗，地面也变得昏暗异常，宛如夜幕降临，几颗亮星在天穹显现。忽然间，残留的一丝金线变成了一串明珠，这便是日食时特有的倍里珠现象。就在这里最后一点星光消失时，天象中的桂冠便展现出来，这时天昏地暗，日月无光，眩目刺眼的太阳不复存在，代替它的竟是一个被一圈贝珠青白色的日冕所环绕而衬托出来的漆黑圆盘，其边缘还镶着一环深玫瑰红的色球层和点点日珥。不久，在色球彩环右侧突然爆发出一点刺目的金花，这是第二次倍里珠出现。日冕和日珥随之消失不见，太阳

又变成一弯金钩，然后便逐渐复原如常。日全食是如此激动人心，而且同一地点约隔 300 年才发生一次。难怪人们往往不远万里赶到能看到日全食的狭窄全食带地区去观测。有幸看到日全食，肯定会留下难以忘怀的深刻印象。

起因

我们知道，月亮是围绕地球转动的，地球又带着月亮一起绕着太阳公转，当月亮运行到太阳和地球之间，三者差不多成一直线时，月影挡住了太阳，于是就发生了日食。月影有本影、伪本影（本影的延长部分）和半影之分。在月亮本影扫过的地方，那里主阳光全部被遮没，所看到的是日全食；在半影扫过的地方，月亮仅遮住日面的一部分，这时看到的是日偏食。还有时，月亮本影达不到地面，它延伸出的伪本影扫到地面，此时太阳中央的绝大部分被遮住，在周围留有一圈明亮的光环，这就是日环食。天文学家称环日食和全食为中心食。中心食的过程中必然会发生日偏食。

从上面的叙述可以看出，日食一定发生在朔，即农历初一，但不是所有的朔日都会发生日食。这是因为月亮绕地球运动的轨道平面（白道面）和地球绕太阳运转的轨道面（黄道面）并不

是重叠在一起的，而是有一个平均大约为5°09′的倾角。所以在大多数的朔日里，月亮虽然运行到太阳和地球之间，但月影扫不到地面而不会发生日食。据统计，世界上每年至少要发生两次日食，最多时可达5次。

月球的本影或伪本影在地面扫过的区域称为日食带。日食带的宽度一般为几十千米至二三百千米，因此，平均要二三百年才有机会在某一地区看到一次日全食。1997年3月9日，中国新疆北端可以看到一次日全食，这是中国在本世纪能看到的最后一次日全食。

古代的观测

古时候由于科学不发达，统治者把日食看作是上天的警告，因此对日食观测抓得非常紧，设有专门机构，整日监视日面上的变化。相传距今已有4000多年的中国夏代，有一位叫羲和的天文官因沉缅酒色，漏报了日食，被斩首。据说从此再也没有一个天文学家敢在观测时玩忽职守了。

由于日光十分强烈，除了日全食之外，是无法用眼睛直接观测太阳的。公元前1世纪，一位叫京房的人采取了一种很巧妙的观测日食的方法，他将一盆水放在院子里，日食时去观察水中

映出的太阳，从而避免眼睛直接接触阳光而被灼伤。后来，人们用油代替水，进一步减少了日光的刺激。13 世纪，元代大天文学家郭守敬发明了一种叫仰仪的半球形仪器，里面有刻度，可以比较准确地测定各个食相的时刻，并估计出食分。到了 17 世纪，望远镜传入了中国，崇尚西学的科学家徐光启用它观测日食，观测精度有了大幅度提高。

由于历代都有专门的观测者，因而中国古代留下的日食记录是很丰富的。根据统计，到清代为止，不算甲骨文，只是史书上记载的日食就是 1000 次以上，这是一份十分宝贵的科学遗产。

因为日食计算涉及到太阳和月亮的运动，所以，古代不少天文学家利用日食记录来验证自己的历法。而到了本世纪，古代日食记录有了更多的用途。1969 年有人利用 25 次公元 2 年以前的古日食记录来计算地球自转速率的长期变化（逐渐变慢），这 25 次中有 9 次是中国的。世界天文学家普遍认为，中国古代日食记录的可信程度是最好的。

全新的观测方法

在历史上，人们利用日全食时月影挡住日

面的特殊条件，观测色球和日冕，取得了重要的科学发现。现在，我们虽然已具备了平时观测太阳色球和日冕的若干手段，但还不能完全取代日全食的观测。最精细的日冕照片仍然是在日全食时拍到的；日全食时拍摄的闪光光谱，仍然是建立太阳光球、色球和日冕大气模型的重要观测资料。因此，在每次发生日全食时，天文学家总是千方百计地，甚至冒着生命危险去观测。

近40多年来，对太阳的射电观测极大地推动了太阳物理学的进展，但是射电观测分辨率低，很难分辨日面上的细节。而在日食时，天文学家可以根据不同时刻月面掩日面的程度，及射电望远镜记录的变化，来判断射电源的准确位置，获取高分辨率的太阳射电观测资料。另外，与光学观测相比，射电望远镜还占有两大优势：首先人们感兴趣的是日食时月球掩食日面的过程，而不是日面被全掩的瞬间，所以偏食、环食同样具有观测价值；其次，光学观测日食的功率不大，天气不佳，或者日食过程中掠过日面的一片浮云都会使观测前功尽弃。而射电观测受天气影响很小，可以说是旱涝保收。20世纪70年代中期以前，有关太阳射电的知识大部分是通过日食观测得到的。

半个世纪以来，测定爱因斯坦效应一直是日全食观测的重要内容，天文学家利用日全食验证了爱因斯坦关于太阳的引力能够使光线偏转的预言。广义相对论成功地解释了水星近日点进动后，仍然有一些执著的天文学家热心于在日全食时进行水星行星的探索。

诱人的月背

遥远的天体固然存在着许多难解的谜，离我们很近的天体，譬如月球，至今仍保留着的谜也不少。

数百年的观测和研究，六批12名宇航员登上月球，确实为我们获得了这个天体的极为丰富和珍贵的情报资料，这是事实。但是，许多的月球之谜，包括一些像起之源类的根本性的谜，都还没有解决，其中也包括这里要介绍的月球面的种种谜，这也是事实。

月背究竟是怎么样的？

由于月球绕轴自转的周期与绕地球公转的周期相同，都是27.3天，所以它老以同一面对着地球，它的背面永不被我们看见，成为千古哑谜。1959年10月发射成功的前苏联“月球3号”探测器，在转到月球背面上空六七万公里

时，为我们拍得了月球背面的第一批照片，揭开了哑谜，从此我们对月背的认识越来越深刻。

经过30多年的探索和研究，科学家们已得到了月背的大量照片。总的说来，月背的全貌是怎么样的，这个问题已解决。但是，稍微深入一点的话，问题不少，月背现在所提出来的各种新谜，比过去那种仅仅是总体面貌不了解的谜，复杂得多，难解得多。

与正面的差异

月球背面与正面的最大差异是它的大陆性。在总共30来个月球"海"、"洋"和"湖"、"沼"、"湾"当中，90%以上都在正面，约占半球面积的一半。月背上完整的"海"只有两个，占月背半球面积的10%还不到，这两个不大的"海"就是莫斯科海和理想海。莫斯科海长约300公里，宽约200公里。

月球背面90%左右的地方都是山地，环形山很多，存在许多巨大的同心圆结构，很具特色。比起正面来，月背地形凹凸不平得厉害，起伏更加悬殊。月背的颜色比正面稍红、稍深一些，大概是由于两个半球上山区和"海"的面积相差较多的缘故。

为什么月背的结构与正面有那么大的差

异？为什么月海都“喜欢”集中在正面？这些都是科学家颇感兴趣的问题。

比起正面来，月背环形山之多有过之而无不及。与正面环形山相同的方面是各环形山的形状千姿百态，千奇百怪，有的也是相互交织在一起；欧姆环形山等跟正面的第谷和哥白尼环形山相像，也都带着长短不等的辐射纹。

不同的是，月背环形山多而且大，只要你看一眼月背照片，立即就会得出这样的概念：环形山是月背的主要特征，它在月背面貌中占有无可争辩的主导地位。更加使你惊讶的大概是它的环形山链。好些环形山像糖葫芦那样串连在一起，弯弯曲曲延伸好几百公里，最长的超过1000公里，这样的地形结构使人叹为观止。

月球正面的南部，环形山较多；而月背的北极地区地形极为复杂，许多环形山相互叠加和交织在一起，形态别致。

月球正面有着好几条著名山脉，如阿尔卑斯山脉、亚平宁山脉等，严格说起来，月背没有明显的山脉。退一步说，如果降低要求，把莫斯科海的四周海岸、一些环形山环壁和线状地形等，也说成是山脉的话，也许可以勉强过得去。

一般书上说月球直径3476公里，或者半径

1738公里，都指的是平均直径或平均半径。由于月球并非正球体，有的地方鼓起来一些，半径就比平均半径长些；凹陷下去的地方的半径小于平均半径。

月球的最长半径和最短半径都在月背那个半球上，真出是咄咄“怪”事。最长半径比平均半径长4公里，最短半径在一片叫做“范德格拉夫洼地”那里，比平均半径短了5公里。范德格拉夫洼地位于月背的南半球，直径约210公里，它本身的深度约4公里。它不仅是本地区中最令人感兴趣的一个区域，在某些方面还是独一无二的。譬如说，它的磁场比周围地区的都强，而且还有点异常；放射性的情况也是这样。这种异常情况是否跟它的特殊构造有关系呢？

解开差异之谜

月球正面情况科学家们是比较熟悉的，谁知月背情况竟与正面有那么多和那么大的差异。人们自然要问：这是为什么呢？

一种意见认为：对地球的人来说是发生了一次月全食的时候，对月球来说，那是一次长时间的日全食。原来被太阳烤得特别热的月球正面，突然被地球影子遮住，而且长时间地处于温度特别低的情况下。这样，久而久之，月球正面

月壳就会从开始出现小破裂，到后来发生巨大的破裂。

反对者的意见是：月球上发生日全食时，月面温度剧烈变化是事实，形成局部的微不足道的破裂也有可能。但是，月面物质传递的本领是很差的，所以，充其量月面温度变化至多只影响月面以下几厘米的地方，而不会造成我们现在所看到的正背两面那么大的差别。再说，月球上发生日全食是常有的事，如果同意那种观点的话，岂非要承认月球上现在也在经常不断地发生那种实际上并不存在的大破裂吗？

另一种意见是：地球吸引月球而使月球本体发生像潮水涨落那样的现象，这种被称为“固体潮”的作用，当然是很小的。但是，不管潮汐作用有多大，由于正面离地球近而受到的作用大，这也会造成月球正背两面的差异。

不少人认为这种见解也是不能成立的。月球正背两面所受到的地球潮汐作用，确实是有差别的，正面受到的要大一些。但是，计算结果表明，大概只相差 5‰，潮汐作用的微小差别根本不可能成正背两半球面貌那么大差别。

看来，月球正背两面的差别不能用外部原因来解释，应该从月球本身来找，月背面貌是月

球内在力量在形成月壳的过程中，起着主导作用而造成的。尽管我们现在还不清楚月背及其特征究竟是如何形成的，谜终究有朝一日会被解开的。

月到中秋

中秋节是我国人民很重视的一个节日，是合家团圆的节日。

中秋节晚间，一轮圆月高高挂起，天空也好像被洗过了似的，湛蓝湛蓝的，洒在地上的银白色月光，给人宁静、安谧的感觉。怀着舒畅和美满心情的人们抬头望明月，觉得月色特好，月亮格外明亮。“月到中秋分外明”的说法流传得非常之广。

一般说来，中秋前后是一年中天气最好的季节。在这之前，在夏季的很长一段时间里，从海洋上吹来的、湿度很大的暖空气，一直滞留在我国好些地区上空，月光是很难穿过云层和它所含的水汽的。我们从地球上看月亮，觉得它好像老是披了一层薄薄的白纱，发出柔和的光辉，但并不那么皎洁。每年8月份之后，从北方吹来干燥而有点寒意的空气，把暖而湿的空气驱跑了，天高气爽，天空透明度加大，人们觉得月亮

也似乎变得分外明亮了。

从天文学的角度来说，谈论像中秋月那样的满月亮度，至少要考虑这么几个问题：它的反照率、它是否最圆、距离远近也就是圆面大小等。

月亮自己不会发光，它只是反射了太阳光。月亮的反照率不高，只有7%，或者说，月亮只把从太阳那里得到的7%的太阳光反射了出来，不管是这次中秋时的满月还是其他什么时候的满月，都是这样。所以，我们不必在这一点上作特别考虑。

关于月亮是否圆，就应该说明白了。农历每个月的十五叫做望，这一天的月亮就叫做望月，这些都没有问题。习惯上人们都把这一天的月亮看做是最圆的，而实际上，这是不对的。问题在于应该明确农历中的这个“望”和“望月”，与天文学上有着确切定义的“望”和“满月”，并不是完全一致的。

从地球上看太阳和月亮，它们相差180度就叫“望”，因此，在天文学的书里，“望”有一个非常确定的时刻：哪天几点几分。这一时刻，月亮最圆。那么，这时刻是不是就在农历望的那一天呢？有可能，但在多数情况下则不是，它往

往是在农历每个月的十六，甚至在十七。说实在的，农历八月十五而恰逢天文学上的那个望的机会不多，通常是十六的月亮比十五的更圆。

举例来说：农历乙亥年是猪年，相当于公元1995年1月31日到1996年2月18日，因碰上闰年，有十三个月，从农历来说，这十三个月的每月十五都是“望”。从计算历法的天文台来说。这十三个相应的天文学上的“望”的时刻，在农历十四的有1次，十五的3次，十六的7次，十七的2次。下一个农历年是丙子年，是鼠年，有十二个月，相当于1996年2月19日到1997年2月6日，十二个相应的天文学上的“望”在农历十五和十六的各5次，有2次在农历的十七。这充分说明，在多数情况下，天文学上的“望”不在农历十五，农历十六的月亮往往比十五更圆些。

至于同样是天文学上的那个“望”，满月的大小也不一致，这就得说说它的距离了。满月而离得比较近的时候，当然比远的时候要大些。我们已经说过，月亮绕地球运转的轨道是椭圆形的，在轨道近地点时离地球35万多公里，远地点时约40万多公里。月亮从轨道上的近（远）地点出发，转了一圆之后再回到近（远）地点来，

平均需要 27 日 13 小时多，可是从一次满月到下次满月的时间是 29 日 12 小时多，两者相差 2 天不到一些。这就告诉我们：同样是一次满月，由于与地球之间距离的变化，月亮的大小也是不一样的。只有既是满月，月亮又是在近地点附近，它才是又圆又大。这怎么可能每年都赶在中秋节之夜呢！

至于某一年的中秋月亮究竟什么条件、什么情况，得具体分析，看它离天文学上“望”的时刻有多长、离轨道近地点有多远，此外还有些别的条件。

尽管如此，我们完全可以照常喜欢中秋月亮，沐浴在清澈的月光中，欣赏唐代大诗人的诗句：“一年明月今宵多”，或者“举头望明月，低头思故乡”。

月球与人类

天文潮汐对人类的影响

天文潮汐对人类自然出生时间的影响

妇女怀孕以后，总是不断地受到天文潮汐的影响，在分娩之前，不会有明显的感觉，但是，到了分娩的时候，大多数孕妇是按照天文潮汐的规律分娩的。这其中有的是在引力大的朔、望期和引力比较大的上、下弦期分娩，有的则在月球上中天和下中天前后分娩。某妇产医院 1991 年 4 月份，共产婴儿 247 个，日平均为 8.2 个，其中朔日产 14 个，比日均数多 5.8 个，多 70.1%；望日产 11 个，比

日均数多 3.8 个，多 46.3%。5 月份共产婴儿 239 个，日平均 7.7 个，其中朔日产 11 个，比日均数多 3.3 个，多 42.8%；望日产 13 个，比日均数多 5.3 个，多 68.8%。某幼儿园 88 班，共有幼儿 34 名，其中朔、望期出生的为 10 名，占 29.4%；上下弦期出生的为 6 名，占 17.6%，朔、望、弦期共出生 16 名，占 47%。某中学某班，共有学生 34 名，其中朔、望期出生的为 10 名，占 29.4%；上、下弦期出生的为 9 名，占 26.4%，朔、望、弦期共出生 19 名，占 55.3%。某医院内科某病房，1991 年 8 月份某日，共有病人 20 名，其中朔、望期出生的 6 名，占 30%，上、下弦期出生的 5 名，占 25%，朔、望、弦期共出生 11 名，占 55%。根据对某小学一二年级 306 名学生出生时间统计，朔、望、弦期出生的共 171 人，占总数的 56.3%，其余学生的出生时间有一半左右离朔、望、弦期仅差一二天。

从以上资料可以看出，在朔、望、弦期出生的人，所占的比例是比较大的，说明天文潮汐确实能够影响人的出生时间。但是，天文潮汐并不能决定所有人的出生时间，这是因为孕妇的身体强弱、家庭环境、工作量的大小、劳动轻重和

思想情绪等条件的不同，以及产院采取药物催产、技术引产及剖腹产等措施影响了自然出生的时间。

另外，从绝大多数产妇分娩的实际情况看，不是按照理论推算的预产期分娩的，实际分娩时间，比理论预产期不是提前，就是推后，并且和少数产妇与理论预产期相差很多。这是因为，一方面，产妇个人有不同的具体情况，另一方面，天文潮汐对产妇起着催产作用，使得按理论准确预测产期极为困难。如果在理论预测的基础上，再加上天文潮汐的因素，就会相对准确一些。尤其是超过理论预产期以后，仍然没有分娩的，更要考虑天文潮汐的因素。如果超过了望期而没有分娩的，一般在临近的弦期或下一个朔期分娩；如果超过了朔期而没有分娩的，一般在临近的上弦期或下一个望期分娩。曾对一位超过理论预产期十多天的孕妇，在原理论预产期的基础上，参照天文潮汐时间作了预测，结果，实际分娩时间与预测分娩时间完全符合。

天文潮汐对人类自然发病的影响

天文潮汐对整个人体会产生一种无形的周而复始的附加力，当人体虚弱时，能够触发和加重一些人的病情，如脑血管病、心血管病和呼吸

系统病等。笔者询问了10名偏瘫病人的发病时间，其中有7名发生在朔、望期和上弦，全部是脑血栓，除小学生罗×外，都有高血压病史。这里面有两个比较典型，一是宁夏青云仪器厂退休回京工人龚××，1991年6月25日，即农历五月十四（望期）发生脑血栓，全身瘫痪。后于1991年7月12日，即农历六月初一（朔日），病情突然加重，家人准备了后事，后经医院抢救有所缓解。另一名是10岁小学生罗×，平时身体健康，1991年1月23日，即农历十二月初八（上弦日），午餐后突然双下肢瘫痪。另据对某医院心脏病死亡人数统计，共有病人50名，其中朔、望期发病的有17名，占34%，上、下弦期发病的有6名，占12%，朔、望、弦期共有23名，占46%。从这些资料看，天文潮汐对心、脑血管病的触发作用是明显的。笔者认为，这种触发作用，是因为天文潮汐对人体的各种器官和血管造成一种附加力，这种附加力对有高血压病史和冠状动脉硬化的人，在血管分支和弯曲处，在冠状动脉的远端，能够使已经狭窄的血管，因受压而变形，从而，降低血液切变率，使血液流动受阻，以致发生血栓、动脉痉挛、心肌梗死、脑血管破裂等病状。

以上只阐述了在朔、望、弦期触发疾病的问题，而实际上，只要有心脑血管病和呼吸系统病的内在条件，在病情发展到比较严重的时候，在每天月亮上中天和下中天的时间，有可能使此类疾病发作。但是，在不少情况下，天文潮汐只是使人产生不舒服的感觉，如身体软弱无力，心慌气短，头晕目眩，嗜睡等，而没有发病。有这种情况的人，多数在体内已有病灶，或身体比较虚弱，或年岁较大，或房事过密，因为对天文潮汐的影响不认识，而没有把产生上述病状的原因与天文潮汐联系起来。反过来讲，天文潮汐对无病者、年轻、体壮和经常参加体育锻炼，以及较重体力劳动的人，则没有影响或影响不甚明显。

天文潮汐对于其他疾病是否有触发作用，尚无多少资料证明，还有待于进一步研究。目前只有两个例子，一是某工厂一青年工人，平时身体极其健壮，在1991年7月13日，即农历六月初二（朔期）出现无名高烧（在40℃左右），经医院抢救半个月，无效而死亡。二是，河北省无极县县委某领导刘×，1989年7月18日晚上11点左右，胰腺炎突然发作，而二个多小时后，即1989年7月19日1点46分就是望时。这两

个病例很可能说明，天文潮汐对其他一些疾病也有触发作用。

这里需要说明，天文潮汐只是对一些疾病起触发作用。并不是在任何情况下对于发病都起决定作用，因为，非强天文潮汐期里，有的人发病，是在异常生气、激动、兴奋、悲伤、劳累等情况下发生的，如果没有这些情况，即使受到强天文潮汐的影响，也不是肯定要发病，但是，在强天文潮汐期，如果发生情绪极度异常，就极有可能发病。

天文潮汐对人类自然死亡的影响

天文潮汐对人类出生和一些疾病的触发有重要影响，当然对人类的自然死亡也同样会有重要影响。有人曾搜集了31人自然死亡的时间，其中朔、望期死亡的14人，占45.2%，上、下弦期死亡的4人，占12.9%，朔、望、弦期共计18人，占58.1%。某医院1991年上半年死亡的心脏病人共52人，其中朔、望期死亡的20人，占38.4%，上、下弦期死亡的8人，占14.9%，朔、望、弦期共计28人，53.3%。据对北京八宝山革命公墓两个墓区及骨灰堂部份亡人的统计，一墓区的14人中，朔、望、期死亡的6人，占42.8%，上、下弦期死亡的2人，

占14.3%。朔、望、弦期共8人，占57.1%。二墓区的28人中，朔、望、弦和上、下弦死亡的各6人，各占21.4%，朔、望、弦期共计12人，占42.8%。在骨灰堂的41人中，朔、望、弦期死亡的有18人，占44%，离朔、望、弦期仅差一天的5人，占12%，两项共23人，占56%。北京市某区1989年10月至1991年11月猝死的26人中，朔、望、弦期猝死的15人，占57.7%，离塑、望、弦期差1天的7人，占28%，两项共22人，占84.7%。据《参考消息》1991年12月20日刊载，1991年逝世的世界要人共12人，其中朔、望、弦期逝世的有9人，占75%。

通过以上分析可以得到以下三个情况：其一，已知病因的15人中，心脏病4人，脑血栓和脑溢血6人，癌症3人，其他2人。心脑血管病人占66.7%，这说明天文潮汐对心脑血管病致亡率最高。其二，对癌症等其他疾病，从病理上分析，可能没有直接影响，但是，病人在生命垂危的时候，少数病人在天文潮汐的影响下，也会致亡。其三，有三位自然死亡的美国前总统，都是朔、望期致亡的，这说明美国所处的西半球与我国所在东半球，同样会因为天文潮汐的影

响而造成人的自然死亡。

天文潮汐对气象的影响

目前，在对气潮的研究中，一般认为气潮是经常存在的，不像海潮那样明显和直观，需要用仪器才能测量出来，潮差一般不会超过一毫巴。有人认为，这在实际上，可能只是气潮的一般规律，而在整个地球大气的千变万化之中，还经常出现一些有规律的突出现象，如热带低压、台风、强台风和龙卷风等。这些现象也和陆潮中出现的地震、火山爆发、山体滑坡等现象一样，与天文潮汐有着紧密的相关的关系，它既受到天文潮汐直接的、重要的影响，又是气潮的突出的、重要的组成部分。

台风是受天文潮汐的直接影响而形成的

关于台风是如何形成的，目前，在国内外都尚无定论。只是对于产生台风的基本条件，已经有了比较一致的认识，这就是：在比较广阔的热带海洋面上，水温要高于26C，造成高温、高湿的低层大气；台风的生成位置在离赤道3°以外；对流层风速切变小，保持和增加整层的温度等。在这些条件下，台风是如何形成的呢？笔者认为，由月球和太阳形成的起潮力，使海洋面上

低层大气的空气质点向上运动，与此同时，这种起潮力（引力），作用在地球上的时候，由于反作用力的原理，就在地球上和低层大气中，产生一种与地球自转方向相反的反作用力。这样，起潮力和反作用力交在一起，就使得低空大气的空气质点的运动，既向上又偏转，形成反螺旋式，以反时针旋转前进，这就是海洋台风和内陆龙卷风反时针旋转的原因，这就是所谓的空气初始扰动，即台风胎胚。在起潮力持续和地球不断自转的情况下，台风胎胚得到不断的加强，即逐渐演生成台风。但是，台风即使在上述条件下，也不是每日每时都能产生的，它必须在起潮力较大的时候才能产生。从一些资料分析，台风的初生期，与月相的朔、望、弦期相吻合或基本吻合。我国 1990 年预报的 29 个台风、热带风暴和强热带风暴中，在朔、望期形成的有 9 个，占 31%，在弦期形成的有 6 个，占 20.7%，朔、望、弦期共形成 15 个，占 51.7%。我国 1991 年预报的前 13 个台风和强热带风暴中，在朔、望期形成的有 5 个，占 38.4%，在弦期形成的有 3 个，占 23%。两年中，朔、望、弦期形成的台风共 19 个，其中，1990 年 14 个台风，1991 年 5 个。一般说来，台风都是由于强天文潮汐的影

响而形成的，当然，也可能有月亮上、下中天的影响而形成的。这其中的原因，一是同样是朔、望、弦期，而具体日、时并不相同，日、月与地距离也并不都相等，所以，起潮力的大小就会有一定的差别；二是，由于形成台风的海区的水温、纬度、切变风速等具体条件的差异，对起潮力的响应，就会有早、晚之别，快慢之分，有的台风可能提前数日或当日形成，有的可能推后数日。三是，朔、望、弦期只是在理论上，对引力较大的时间的区分，而在实际上，朔日与上弦日、上弦日与望日、望日与下弦日、下弦日与朔日之间，并没有明确的界限，总是在无形中自然变换着，总是不断地对海洋上低层大气的空气质点以不同的引力吸引着。所以，笔者认为，台风形成的时间无论是否在强天文潮汐期里，其形成的原因都是因为天文潮汐的影响。我们预报的受天文潮汐影响比较典型的台风还是不少的。例如，1980 年的 8001 号台风，下弦日的前一天形成了热带低压，下弦日的当天中心气压即由 1007 毫巴下降为 1002 毫巴，风速由 10 米/秒增加到 12 米/秒。由于下弦日的引力较小，在下弦日以后的 3 天里，气压仅下降 2 毫巴，风速仅增加 3 米/秒；而在距离朔日的前 3 天，引

力逐渐增大，中心气压每日下降10毫巴以上，风力每日增加5米/秒，达到了台风强度；在离朔日的前4小时，又达到了强台风强度。但是，朔日一过，就立即降为台风，到第6天又由台风降为热带低压，在上弦日的前两天即行消失。

台风受天文潮汐的影响而加强和改变方向

台风形成以后，在日、月引力比较平稳的情况下，台风的强度不会很快增大，因而，可能在局部地区徘徊不前，一旦进入朔、望期，甚至弦期，由于日、月引力增大，台风就得到了加速度，除了风速增大以外，其旋转速度也会增强。这时台风就会突然改变方向，而离开局部地区。我国7204号台风形成以后，在我国南海东北部徘徊了3天，转了4个小圈，一个大圈，于7月12日，即农历六月初二（朔期），因受到朔期强天文潮汐的影响，突然改向南移，14日向东北入台湾海峡，15日再折向西北在福建登陆。又如我国7607号台风形成以后，于1976年6月27日，即农历六月初一（朔日），到达东沙岛西南海上，当日突然由西北折向东移，12个小时折向120°至150°。再如我国7203号台风，1972年7月25日，即农历六月十五（望期），在黄海

西折；7308 号台风，1973 年 8 月 12 日，即农历七月十四（望期），在南海西行北折。

台风主要消失在非朔、望、弦期

前面已经论证了台风是因为受天文潮汐的影响而生成的，反过来讲，台风处在非朔、望、弦期，是不是就要自然消失呢？笔者认为，台风处在非朔、望、弦期，由于没有强天文潮汐为其加力，只有月亮上、下中天的引力，不能使台风维持其原有强度，只能依靠自身的惯性而存在一短时间，在惯性逐渐丧失之后，台风也就自然消失。以我国 1971 年的台风预报为例，在 15 个热带低压中，有 14 个消失在大朔、望、弦期，只有 1 个消失在农历十月初。在 11 个台风中有 8 个消失在非朔、望、弦期，只有 2 个消失在朔期，1 个消失在下弦期。在 25 个强台风中，有 21 个消失在非朔、望、弦期，消失在朔期和望期的各 2 个。我国 1980 年和其他一些年份预报的台风消失情况，虽然具体数字有多有少，仍然是消失在非朔、望、弦期的多数。在这里有一个值得注意和研究的问题，就是个别台风不是消失在非朔、望、弦期，而是消失在朔日或望日，比如：我国 1980 年预报的 8021 号强台风消失在公历 11 月 8 日，而这一天的 4 点 42 分就是朔时。

8023号台风消失在公历12月22日，而这一天的2点08分就是望时。这究竟是为什么，还需要专业工作者根据当时的天文和气象条件，作细致的研究分析，予以科学的回答。

台风的全球性

关于台风形成的规律，在西太平洋和我国南海已经得到了证明。但是，在大西洋形成的热带气旋（即台风），是否也符合这种规律呢？美国1978年至1980年产生热带气旋7个，初始时间在朔望期的有3个，在弦期的有2个，朔、望、弦期共有5个，占71.4%。另外，根据美国R·A安赛斯1987年10月，对全球1900年至1977年造成死亡人数超过千人的飓风的统计，在12次飓风中，发生在朔、望期的有6次，占50%，发生在上弦期的有1次，占8.3%，朔、望、弦期共发生7次，占58.3%。

以上两个统计资料，说明了以下三个规律性情况：一是，无论是东半球的台风，还是西半球的台风，都是由天文潮汐引起的，天文潮汐的影响不是地区性的，只要有台风生成的基本条件，无论在什么地区，天文潮汐都可以触发台风的产生。二是，从飓风的资料看，在朔、望、弦期发生了7次，其中望期发生的有4次，占发生

飓风总次数的 33.3%，占朔、望、弦期发生次数的 57.1%；如果从造成死亡的人数计算，望期飓风造成死亡人数占死亡总人数的 89.7%。另外，在发生的 12 次飓中，有孟加拉国发生的一次。这一次造成了该国 30 万人死亡，发生的时间是 1970 年 11 月 13 日，这一天正是望日，即农历十月十五日。而该国在相隔 21 年之后，于 1991 年 4 月 29 日，又发生一次强烈飓风，造成了约 20 万人死亡。这一次与前一次一样，又是发生在望日，即农历三月十五。以上几个比例数和孟加拉国的两次飓风可能说明，天文潮汐在望期对地球的影响力比朔、弦期要大。三是，从两个材料看，热带气旋（即台风）、飓风发生的时间多在 6 月底至 10 月初，这说明 7、8、9 月是台风生成的主要季节。

天文潮汐对陆地异常气象的影响

我们从《世界异常气象事件及其影响》等书刊上摘记了 32 次陆地异常气象，其中龙卷风及风暴 10 次，强降水 4 次，暴风雨 11 次，沙暴 2 次，冰雹 2 次，气温异常 3 次。从发生时间看，朔期发生的有 6 次，占 18.6%，望期发生的有 16 次，占 50%，上弦期和下弦期各发生 3 次，各占 9.3%，朔、望、弦期共计发生 28 次，占

87.2%。以上这些资料中，有以下四种情况：一是，在春分这一天发生了3次异常气象，其中有2次不是在朔、望、弦期，这可能说明春分这一天的起潮力是比较大的，能够使地球上出现异常气象。二是，望期发生的异常气象次数，比朔、弦期发生异常气象次数之和还多4次，多11%。这些统计资料，虽然是任意摘选的，可能有一定的偶然性，但是，这也可能从另一个侧面再次证明望期的起潮力，确实比朔、弦期的起潮力大。三是，上弦期和下弦期各发生了3次异常气象，这个相等数也可能说明两个弦期的起潮力大体一样。四是，陆地异常气象也和海洋台风一样，是全球性的，甚至比台风的分布面更广，在天文潮汐的影响下，地球各大洲，在各个季节里，都会出现具有本地特点的异常气象，如龙卷风、暴风雪、沙暴、冰雹、强降水等等。

天文潮汐对航天航空的影响

天文潮汐对于地球表面和地球表面以下一定深度的物质，都有着明显和不明显的影响，而对于处在飞行中的飞机驾驶员、飞机和其他飞行器的精密仪器、仪表以及无线电控制系统等，也同样会受到天文潮汐的影响。但是，这种影响能不能造成飞机失事，能不能造成航天活动的

失败呢？根据对搜集的飞机失事和航天活动失败的资料分析认为，天文潮汐能够造成飞机失事，能够降低航天活动的成功率。中国民航局第一研究所发行的1991年第5期《民航经济与技术》刊载，1990年世界主要商用飞机，共失事38次，如果减去中国民航因劫机而失事的2次，还剩36次。其中发生在朔、望期的有16次，占44.4%，发生在上、下弦期的有4次，占11.2%，在朔、望、弦期共发生20次，占55.6%。还对1989年人民日报登载的全部飞机失事作了统计，共计失事21次，其中发生在朔、望期和上、下弦期的各6次，各占28.5%，朔、望、弦期共计12次，占57%。另外，1990年《北京日报》登载了2次飞机失事，其中就有1次发生在下弦；1991年1至7月《北京日报》登载了4次飞机失事，全部发生在望期和下弦期。

民用飞机如此，军用飞机也不例外。在强天文潮汐期坠毁的军用飞机所占的比例也是比较大的。某某洲国家1970年军用飞机共坠毁41架，其中发生在朔、望期的有12架，占坠毁总架数的29%；上、下弦期有9架，占坠毁总架数的22%。朔、望、弦期共21架，占51%，在

坠毁的飞机中，双机相撞的共 2 次，坠毁飞机 4 架，都发生在离望时很近的时间。在分析研究军用飞机坠毁事故的原因时，由于军用飞机（尤其是作战飞机）乘员少，基本上可以排除劫机和预谋炸机造成的坠毁，更应当注意从天文潮汐角度认真分析。

根据 1988 年至 1991 年 9 月有关航空杂志统计，世界发射火箭、卫星失败共 18 次，其中发生在朔、望期的有 4 次占 22.2%；发生在上、下弦期的有 5 次，占 27.8%，朔、望、弦期共计 9 次，占失败总数的 50%。

我国发射的“风云一号”气象卫星，于 1991 年 2 月 14 日夜，在离地面 901 公里的高空，发回的云图突然扭曲、倾斜，继而消失，失去三轴稳定对地定向控制，漫无目标地扫向天空。这一天是农历十二月三十（朔期），“风云一号”失控后数小时，即 2 月 15 日 1 点 32 分，就是朔时（农历下月初一）。我国 1991 年 12 月 28 日 20 点 02 分发射了一颗自行制造的通信卫星，第三级火箭第二次点火后，因发动机提前熄灭，卫星未能进入预定轨道。这一天是农历十一月二十三，正是下弦日，下弦时是 12 月 28 日 9 点 55 分，与发射卫星时间仅差 10 小时 07 分。有人认

为，以上两个情况，很有可能是强天文潮汐的影响造成的。

对于飞机失事的原因，西德汉莎航空公司的研究人员，曾在1989年对近30年飞机坠毁作了统计、分析，共计坠毁飞机496次，死亡人员15196人。他们认为飞机坠毁的原因中，人为原因占76%，其纪律性差占23%，注意力不集中或疲劳占20%，判断错误，缺少经验和训练占33%。有关人士认为，用这3个人为原因解释飞机失事是不够准确可靠的，可以这样解释，也可以那样解释。如果从天文潮汐对飞行人员和飞机、飞行器的机械、仪表可能存在的影响方面来分析倒可能是合理的。比如天文潮汐可能会对驾驶人员的脑、心、肺产生影响，发生不同程度的神志恍忽，肢体僵硬，动作变形，从而不能正确地驾驶飞机，使飞行失常，造成飞机失事。尤其是在飞机起飞和降落的时候，气压有较大变化，再加上天文潮汐的影响，更容易发生上述情况。例如，1991年一位飞行了千余小时的飞行员，在夜间航行着陆时，发生了不该发生的事故。其次，飞机的机械部分，都是按照正常情况设计和制造的，并没有考虑天文潮汐对机械的影响，这就有可能使一些敏感的机械，在天文

潮汐的影响下，发生机械故障，造成飞机的事。飞机机械有可能这样，火箭、导弹、卫星等也可能会发生这种情况。再者，由于天文潮汐能够使所在空域中的气象发生突然变化，所以，也能直接影响飞机的正常飞行，而使飞机失事。另外，在飞机和导弹、卫星等飞行器中，都有无线电和磁性设备、器件，天文潮汐有可能使无线电信号减弱或中断，使磁性等仪表混乱，从而影响对导弹、卫星的联系和控制，影响驾驶人员对飞行情况的正确判断，造成导弹、卫星的失败和飞机失事。

以上两个资料，反映了在朔、望、弦期失事的比例是比较大的，但是，这些比例数，毕竟都是按照天文潮汐理论进行推理的结果，并没有与实际发事的具体情况进行印证。所以，在朔、望、弦期发生的飞机失事和航天活动的失败，并不能肯定都是天文潮汐影响的结果，其中必然有非天文潮汐因素造成的失事和失败。但也不能因此就否认天文潮汐的影响，天文潮汐对飞机航行和航天活动的影响是肯定存在的。今后，在对失事和失败事件的具体分析研究中，是会得到证实的，应当引起各有关行业和科研等人员足够的重视。

登月行动

起飞

1969年7月16日，对人类历史来说是一个特殊的日子，这一天是人类首航月球的日子。“阿波罗”11号飞船就要载着三名宇航员飞向38万公里外的月球。发射时间定于东部地区夏季时间的上午9点32分，发射地点位于美国佛罗里达半岛中部的肯尼迪宇航中心。

时钟刚刚走过16日零点，夜色茫茫，驶向发射基地的车辆就络绎不绝了。来自美国各地的成千上万名观众和4000名新闻记者，已按捺不住激动的心情，急切地盼望着，期待着那神圣时刻的到来。

离发射还有10个多小时时，设在宇航中心的记者区已座无虚席，电话声、议论声响成一片，热闹非凡。

银白色的土星5号火箭紧靠着红色发射塔，矗立在5公里外的发射架上，在探照灯的照耀下闪闪发光。

距发射时间还有8小时15分钟，工作人员开始给“土星”5号燃料罐装填燃料。第一级的

燃料是煤油，几天前已经装好了，现在要给第二级和第三级装填燃料——液氢。还要给第一级到第三级装填氧化剂——液氧。液氢和液氧是不能提前装填的，因为它们要求存放的温度很低，而且极易燃易爆，通常在摄氏零下200多度以下存放，否则很容易挥发掉。这项工作整整花费了5个小时才完成。

燃料装完时，登月探险的勇士阿姆斯特朗、奥尔德林、柯林斯也用了早餐，换上了宇航服整装待发。这次登月行动，阿姆斯特朗担任"阿波罗11号"的指令长，柯林斯任指令舱（代号"哥伦比亚"）驾驶员，奥尔德林任登月舱（代号"鹰"）驾驶员。

发射前2小时零5分，3名宇航员由专车送到了发射架下。他们立刻乘上装配塔上的电梯，升到100米高处，然后跨过通向宇宙飞船的横桥，来到指令舱门口。只见他们两腿并拢、手拉入口上端的拉手，像从单杠上跳下来那样跳进舱内。

还有1小时40分。他们认真检查了出现故障时改变飞行计划的装置，试验了救生装置。

"出发准备完毕！"从指令舱传来了指令长阿姆斯特朗的声音。此时，冯•布劳恩博士，肯

尼迪航天中心主任库特·德布斯和他们所指挥的一个50多人的班子，正在发射控制中心那一排仪表板后面，透过仪表板监视着几公里外的火箭的每一个活动零件。

一切正常。

还有10秒！10……9——正式点火。8……7——第一级发动机喷出红色火焰。6……5……4——第一级发动机全部工作。火焰变成桔黄色，喷向发射架。3……2……1……0，发射！“土星”5号徐徐离开地面。它推动了“阿波罗”11号飞船，带着整个人类的光荣与梦想向月球进发了。

飞向月球

一切都很顺利，发射后2分15秒，第一级火箭5个发动机中的中间一个停止喷射。本来直向后喷的火焰开始向旁喷射，宛如一把打开的伞。

“‘阿波罗’11号，我是休斯敦。发动机情况良好，准备甩掉第一级火箭。”

“是！”发射后2分42秒，第二级火箭点火，甩掉了第一级火箭。此时，飞船正以每秒2.7公里的速度，在东北方向离肯尼迪宇航中心95公里的高空飞行。

第二级火箭一边提高高度，一边慢慢向水平方向改变飞行姿势。9分11秒，第二级火箭燃料烧完被甩掉，第三级火箭点火工作。

第三级发动机是一种可多次启动的发动机。它的第一次喷射是为了使飞船进入环绕地球的停泊轨道。“阿波罗”11号为什么不从地球出发后直奔月球呢？这是因为从地球到月球的速度必须为每秒近11公里，如果一离开陆地就把速度加到这一标准，对宇航员的身体极为不利。更重要的是，月球围绕地球转的轨道面对赤道形成大约15°的角，因此不能将月球火箭一下子从地球发射出去。要首先让它绕地球旋转，然后再让它进入月球轨道面。

第三级发动机在发射后11分40秒时停火，几乎完全按原定计划进入环绕地球的轨道。

“阿波罗”11号用1小时28分17秒绕地球一周后，决定1小时后就向月球进发。宇航员对飞船的各部分进行了最后的检查，向地面控制中心报告：“休斯敦，‘阿波罗’11号全部检查完毕，一切正常！”

“‘阿波罗’11号，发动机动力很足，制导装置正常，雷达追踪无误差。1分钟内点火，向月球挺进！”

“是，点火！”

“阿波罗”11号离开绕地球轨道，顺利地飞向月球。到达月球的路程有38万公里，需要73小时，这个行程是绕圈的，而不是笔直的。“阿波罗”1号准确地进入了奔月轨道，令人兴奋，可是，宇航员却面临着一个难题——登月舱要掉转方向。

第三级火箭前端的指令舱和接在它后边的服务舱被人们称之为母船。7月17日凌晨1点40分，第三级火箭和母船分离。在第三级火箭上部的贮藏舱里装着登月舱。与火箭分离后的母船必须翻个筋头，旋转180度，面对第三级火箭，并且一定要和第三级火箭对直。

母船开始使用外围的喷射过氧化氢的小型发动机来改换方向。宇航员柯林斯小心翼翼地掌握着操纵杆，反复做着上下、左右、旋转等动作，终于把母船掉过头来。这样，指令舱的锥顶就对准第三级火箭的顶端了。

指令舱的雷达在不断地测试登月舱的方向和距离，并向计算机报告。计算机马上计算出来，向制动发动机发出工作指令。柯林斯把指令舱窗上的刻度对准登月舱上的连接目标。登月舱连接孔像奶瓶的奶嘴那样圆圆地凸出着。

距离越来越近。终于，母船锥顶连接器深深地插进连接孔。孔的内壁和锥底的三个钩环紧紧地吻合在一起。接着，指令舱稍往后退，咔嚓一声，孔内壁的12个卡销和连接器弹簧上的12个卡子严密吻合。这样，指令舱和登月舱结结实实地对接在一起了。

对接结束后，登月舱从第三级火箭中被拉了出来。第三级火箭就这样完成了它的使命，被送进离奔月轨道很远的绕太阳转的轨道。

在漆黑的宇宙真空中，"阿波罗"11号重新转变方向，把登月舱顶在母船头上直奔月球而去。

7月17日上午7时30分，"阿波罗"11号飞船距地球8万公里，速度降到每秒2.73公里。"阿波罗"11号奔向月球的航线是沿着一个椭圆形的轨道，从两侧包围地球。飞船在这样的轨道上，保持着惯性和引力的平衡，飞行速度随着远离地球而不断减慢，在远地点时最慢。

这时，"阿波罗"11号开始自转飞行。因为，在真空的宇宙里，向着太阳的一侧就会出现摄氏100～200度的高温，背着太阳的一面却是摄氏零下100～150度的低温。宇宙飞船的金属外壳就会因此变形扭曲而毁坏。所以，必须让飞船

以每小时三周的周期慢慢地自转，就像在火堆上烤羊肉串似的，以均匀地承受太阳的热量。

指令舱上有5个窗口，前窗两个，侧窗两个、舷窗盖上还有一个圆形窗口。飞船的自转使宇航员们经历了一个罕见的现象：每当向着太阳时，强烈的阳光就照射进来，反之，就漆黑一片，似乎在每1小时，有3次日出和日落。

由于飞船的自转，飞船里的时间概念和地球上的也不相同。但是，人们所说的日、时等仍按地球上的概念。因此，飞船上的活动一方面按预编进度表由电子计算机控制的时钟来安排进行；另一方面，由地面控制人员进行严格控制，起床、睡觉、吃饭等都按地面控制人员下达指令来进行。

自从出发以来，宇航员除了途中小憩片刻外，一直在紧张地工作。特别是飞船进入奔月轨道后，顺利解决了登月舱调换位置的关键问题。3个人都觉得松了一口气。该脱去宇航服休息了。这时，火箭发动机已停止工作，飞船完全靠惯性向前飞去。柯林斯打开自动导航装置来监督飞行。休斯敦控制中心指示他们吃完晚饭后，于当天晚上11时30分开始睡觉。宇宙飞行的第一夜，指令长阿姆斯特朗和柯林斯都睡了7

小时，奥尔德林睡了5个半小时。他们都没有吃安眠药，能睡得这么好，真不愧是用计算机精挑细选出来的沉着、冷静的人。

7月18日清晨，在休斯敦控制中心的呼叫声中，宇航员们迎来了奔月飞行的第二天。

发射后的25小时5分30秒，“阿波罗”11号飞到地球和月球的正中间，离地球约19万公里，速度减到每秒1.56公里。还剩下一半的路程，可是还需要加倍的时间。

第二天，最重要的工作是修正轨道。“阿波罗”11号飞船在奔月轨道上进行。由于地球引力越来越小，月球引力越来越大，飞船飞行的实际轨道和速度同设计计算的会产生微妙的偏差。如果不纠正这种偏差，就很难抵达月球。为了修正轨道，必须暂停飞船的自转，通过装在服务舱上的火箭发动机的喷射，修正飞船的航向。经过1小时40分钟的轨道修正，轨道偏差减小到每秒0.15米以下，“阿波罗”11号又重新开始自转飞行了。

这天晚上17点32分，“阿波罗”11号飞船向地球传送了电视实况转播。

这次实况转播的时间是34分钟，宇航员向地面详细介绍了指令舱内的情况。3名宇航员

已完全适应了失重飞行，他们都轻松愉快。电视屏幕出现了他们清晰的身影。

“休斯敦，我们很愉快，船内虽然有三个人，但还很宽敞，船内物质丰富。瞧，有咖啡、咸肉，还有水果、果汁。”阿姆斯特朗向观众介绍着他们的宇航食物。不过，最精彩的莫过于表演他们的烹调术了，只见他取出一袋食品，剪开一端，注入滤去空气的热水，泡了近 10 分钟，这就是他们的“焖鸡”。

柯林斯在飞船的仪表架前慢慢地上下飘浮，表演着各种失重的“舞蹈”；奥尔德林则向电视观众解说了星图。

3 名宇航员的精彩表演令全世界的观众兴奋极了。

播完电视，吃完晚饭，3 人又做了体操，并再次接受了地面控制中心医生进行的脉搏遥测检查。他们终于结束了第二天忙碌的工作，3 人先后进入了梦乡。

接近月球

第三天，早晨 7 点半左右，奥尔德林首先醒了过来。料想不到在他们起床“方便”以后却出了一点麻烦。

“阿波罗”飞船上没有厕所，宇航员的便溺

总是先贮到罐里，然后通过管道排出舱外。可是，在真空中的飞船，就是这么一点点的物质排出去，飞船也会立刻往物质排出的相反方向运动。于是，指令长和休斯敦就此问题进行了一场对话，然后决定采取向飞船两侧同时各倒一半污水的方法来解决，结果很顺利。

第三天是第一次换乘登月舱，检查装置的日子，电视也将实况转播登月舱的内部情况。这时飞船已离地球32万公里！留在指令舱内的宇航员柯林斯首先充当摄影师。他拍摄了阿姆斯特朗和奥尔德林打开指令舱和登月舱的舱口，通过连接口，走进登月舱的情景。之后，进入登月舱的两名宇航员把电子录像机拿到登月舱内进行认真的拍摄。1小时30分钟的电视节目结束后，阿姆斯特朗、奥尔德林仍留在登月舱里认真地检查着，他们的检查和准备工作超过了预定的时间，一直到下午7时30分才回到指令舱。

"阿波罗"11号发射62小时后，胜利地到达离地球34.6万公里，距月球6.1万公里的地方，已经明显地感到月球的引力了。这种引力在不断增大，飞船开始下降。

第四天，飞船就要进入绕月轨道了。宇航员

们等待着休斯敦的命令。

进入绕月轨道，飞船必须减速，否则的话，飞船将只是绕过月球，沿着原先的那个椭圆转移轨道返回地球。减速必须依靠服务舱的发动机作逆向喷射。预计“阿波罗”11号将以每秒2.57公里的速度，离月面高110公里处穿过，被月球吸引着拐一点弯，疾速飞到对地球来说的月球面去。月球将会阻断地球和飞船联系的无线电波，因此，在它还没转到月球背面之前，必须准确地测试出飞行的速度，并一米不差地测出它和月球之间的距离：650公里……600公里……550公里……

“阿波罗11号，一切装置正常，飞入绕月轨道！”

“明白。一切顺利，恢复联系时再见！”

经过一分钟后，距离月球只有120公里了，联系“阿波罗”和地面追踪站的电波从月球边缘擦过，接着耳机里出现沙沙的杂音。与地球联系中断了，只凭飞船单独飞行。舱内顿时充满着紧张的气氛，休斯敦控制中心的大厅里一片肃静，人们以祈祷的心情等待恢复联系，没有任何一种期盼的心情能比这更焦虑了，真是度分如年！

此时此刻，3名宇航员正驾驶着科学之船在

“险滩”中拼搏。他们目不转睛地盯着各种指示盘，奥尔德林大声复述着数据。柯林斯手握着操纵杆，准备万一计算机出故障时，马上用手操作。联系中断8分钟后，计算机终于发出启动发动机的指令，发出令人放心的振动声响。飞船在减速，喷射持续了5分57秒，速度减到每秒1.6公里时，发出停机的指令。

沙的杂音消失了，从38万公里之外传来了清晰的声音：“我是阿波罗11号，休斯敦……”

这种声音显得格外亲切，控制中心大厅里的气氛一下子活跃起来，人们都松了一口气，这意味着一切都很顺利。“阿波罗”11号已成为月球的卫星了。

着陆月球

当“阿波罗”11号绕月飞行第三周时，在月球轨道第一次放了电视实况转播。千百年来，美丽的月球带给人们说不完的动人传说，但这时镜头中出现的却是死气沉沉的火山、陨石坑、干河沟和枯死的“海”，这番景色不由得让观众有些失望。但宇航员们却激动不已，因为他们就要踏上这块冷漠和荒凉的大地了。

“阿波罗”11号绕月飞行了12周。指令长阿姆斯特朗和宇航员奥尔德林已换乘登月舱。他

们开始用登月舱的无线电与休斯敦通话。这时的呼叫是“我是鹰”，而不是“我是阿波罗”了。柯林斯独自操纵的母船则称为“哥伦比亚”。

1 小时 30 分后，柯林斯操纵分离手柄，“哥伦比亚”和“鹰”分离开。一开始，为了预防万一，只是稍稍拉开距离，保持着随时都可以对接的状态飞行着。

情况良好，完全可以分离开来，独自飞行。

登月舱开始逆喷射，逐渐向月面下降，而母船依然在绕月轨道上飞行，等待登月舱从月面探险归来后再次会合。

登月舱从开始下降到在月面上着陆大约需 10 分钟时间，在这段时间内，登月舱要在月面上掠过约 480 公里，从 15 公里上空作长弧形降落。这期间，登月舱只要有一个重要设备失灵或一个计算错误，就会在最后阶段酿成灾祸而功亏一篑。要是登月舱的细长腿由于巨石等原因着陆时折断或是降落在陡坡上，造成登月舱翻转，都会使登月舱再也无法返航。

就在这时，鹰舱内发生了一件惊人的大事。当高度降到离月面 9000 米时，计算机警报灯忽然亮了。警报灯是显示计算机故障的。警报灯一亮，指示盘上就会出现表示故障的数字符号。但

是，这时在指示盘上却没有出现数字。显然，这种故障是没有预想到的。在从高度 9000 米下降 1900 米的几分钟内，阿姆斯特特和奥尔德林竭力想研究出处理方法，拼命地查找原因，他们凝视着计算机和仪表刻度，以防万一。

现在，面临着是否需要改变计划的关键时刻，休斯敦的指令官中有人已经面如土色。尤其是制造这装置的计算机工程师，更是如坐针毡，直冒冷汗。这时，休斯敦的指令官敏锐地判断出计算机在超负荷运转。有可能是硬让计算机计算那些无法计算的东西造成的。于是，休斯敦向“鹰”发出了命令：“鹰，请不要什么都问计算机，减轻计算机的负荷。”

“明白。”

计算机的警报灯熄灭了，危险排除了。后来才知道，他们除了打开了着陆雷达外，为了和母船联系，同时又打开了会合、对接雷达，这个数据成了计算机的沉重负担。

熬过危急关头的鹰已降到距月面 3000 米的高度，飞过这个高度后，一直以喷射口向前方飞行的鹰，为了着陆，喷射口就要慢慢向下转，逐渐变成垂直着陆姿势。

距月球越来越近了，月球的坑穴、小山、大

裂缝等都看得清清楚楚。

当鹰下降到离月面 150 米高度时，阿姆斯特朗惊奇地发现下面将要着陆的地方竟有无数巨大的岩石，却不见“阿波罗”8 号和 10 号所拍摄的比较平坦的一号着陆点，而且登月舱的导航系统正不偏不倚地把他们引向一个有足球场大小的、堆满岩石的火山口。阿姆斯特朗毫不迟疑地推动了人工操纵杆，再次将发动机点燃 70 秒钟，让登月舱一下子越过了巨大的火山口，避免了一场惨祸。

着陆点终于选准在赤道面向地球的“静海”上，登月舱向一块平坦的地方缓缓着陆。经过那令人心跳的几秒钟后，“鹰”4 只长长的支脚终于稳稳地扎在月球的土地上。登月舱里的总控制板上的两个蓝色的信号灯令人欣慰地亮了。

经过 102 小时 39 分 40 秒的飞行，人世间的两个凡人，第一次成功地到达月球。

在月球上的工作

登月舱在月面着陆以后的工作相当繁忙。根据预定计划，登月舱将在月球停留 22 小时。

两名宇航员首先开始就餐，这是人类到达月球后的第一顿饭。饭后本该睡眠 4 小时，以保证宇航员的体力恢复。但阿姆斯特朗和奥尔德

林急于亲眼看到这个新鲜的世界，他们要求提前行动。地面控制中心经过慎重的考虑答应了他们的要求，决定提前5小时开舱。

全世界的电视台，为了提前转播时间，乱成一片。

阿姆斯特朗和奥尔德林在鹰舱内密切配合，做着出舱的准备工作。他们要保证通讯、输氧、冷却装置、月面宇航服的一切正常。否则无论哪一项发生故障，在月球上都会产生无可挽回的悲剧。

他们还认真地检查了登月舱着地点的倾斜度、舱内仪表、燃料装置、压力和氧气供应情况。确认一切就绪后，才开始打开登月舱的舱门。

现在他们已经不呼吸舱内的氧气，而是用身上穿的月面宇航服和维持生命装置进行呼吸。登月舱的门是向里开的，舱内有气压，舱外几乎是真空，由于这股自里向外的压力把舱门压得紧紧的，所以首先要降低舱内的压力，可是，舱内的气压总是降不下来。后来查出原因，原来，当他们抽舱内氧气的时候，他们自己呼出的二氧化碳从维持生命系统中漏出。所以花费了好长时间，错过了电视收视率的黄金时间——下午9时，一直到下午10时39分，好不容

易才打开了舱门。

他们怀着既惊喜又恐惧的心情，面对着这陌生的世界。他从登月舱的门廊小心翼翼地向月面放下了带有9个梯级的扶梯。

指令长阿姆斯特朗在奥尔德林的帮助下，倒着钻出舱门。奥尔德林手持电视摄像机，将镜头对准站在舱口的阿姆特朗。

此时，地球上的亿万观众都目不转睛地注视着电视屏幕。屏幕上映出了阿姆斯特朗从幽黑的扶梯一步三停地爬下时的侧影。画面是那样清晰，那样扣人心弦。

指令长向休斯敦作着及时的报告："我现在在扶梯的最下端，鹰着陆支脚的底盘已陷进了3～4厘米。月面像以细小的颗粒组成，景致真美。"

阿姆斯特朗爬完这9级扶梯大约花了3分钟，完成最后一级后，他的双腿并拢站在着陆支脚的底盘上，两手抓着扶梯。然后，他用左脚试探地触及月面，再轻轻地蹭蹭，又使劲踩了一下，既不滑也不下陷。于是，右脚也迈到月面上，松开两手稍稍离开了"鹰"。

美国东部时间1969年7月20日22点56分20秒，人类在月面上留下了第一个脚印。这

个脚印长约32.5厘米、宽约15厘米，还留有清晰的鞋底沟纹。

电视机前的人们凝视着阿姆斯特朗的一举一动，心里不由得发出种种疑问：在只有地球质量1/6的月球上，人能站立吗？能行走吗？

这时，扩音器里传来了阿姆斯特朗激动而自豪的声音："这对于一个人来说，只不过是小小的一步，可是对人类来讲，却是一个巨大的飞跃！"

是的，到达月球的只有两个人，但他们跃过的是人类祖先的所有足迹，实现了整个人类第一次经历的伟大飞跃。

宇航员在月面上活动，背上背着维持生命的氧气背包，它向在月面活动的宇航员送氧，然后吸收呼出的二氧化碳。为了保持体温，还要向装在宇宙服内的管道输送适当温度的水。这些物质品再加上体重，足有230公斤，这在地球上会重得走不动路。可是在月球上却只有地球重量的1/6，也就是32公斤，所以行走非常轻盈。

奥尔德林也下来了。两人试图在月面上行走。最初的几步试走简直令人发笑。他们几乎处于失重状态，缺乏平衡感，不知道自己的脚会把他们带到哪里，像醉汉一样踉踉跄跄。过了一会

就知道月球表面一层很坚硬，于是，走起来自然多了。

阿姆斯特朗感到四周一片寂静，而且静得有点害怕。然而，他还是非常慎重地一步一步向前走去，去探索这梦幻般的未知世界。

月球的天空是黑色的，那是由于没有空气散射日光的缘故。天空中挂着一轮明亮的地球，它比人们看到的月亮大得多。太阳光线异常明亮，使人不能直视。远方的火山口隐约可见，地平线拐一道圆弯，消失在无尽的幽黑的宇宙中。在近处的物体，同样由于没有光散射，物体的阴面显得特暗，而亮面又特亮，明暗反差非常大，使人看得极不习惯。

月面处处岩石凸起，在坚硬的岩石上面覆盖着10～20厘米厚的棕灰色的尘粒。月球上没有水，荒凉至极，满目疮痍，到处布满着直径1米左右的陨石坑，这说明陨石曾经多次轰炸过这个地方，说不定立刻就有陨石从天而降。这哪里像“何似在人间”的仙境，而是让人不可久留的“死亡之谷。”

鉴于这种情况，阿姆斯特朗走出舱外的第一项工作就是查看登月舱的情况，看登月舱的四个支脚是否会陷入到月面中去，上升发动机

有无问题等等。

月面上的两个人，他们一边谈论着，一面来回走动。他们掀开安装在鹰下降部的塑料盖，那里面有个纪念碑，在薄薄的金属牌上镌刻着地球的东西两个半球，还有这样的字迹："1969 年 7 月，太阳系的行星——地球上的人类第一次在月球上留下了足迹。我们代表全人类来这里进行一次和平的旅行。"

接着，奥尔德林从鹰下降部的收藏箱里取出带三脚架的电视摄像机，拍摄了一段周围的景色。尔后，把摄像机安装在月面上，设定登月舱在画面中的位置为中央稍左一点的地方。他设置完摄像机，像袋鼠一样轻快地蹦跳着跑进了画面。他把太阳风测定装置立在鹰前面，它是捕捉从太阳放射出来的具有放射能微粒子的装置。

时间在不知不觉中流逝，走出飞船，来到月面上已 1 小时 40 分钟。背包里的氧气只够用 4 个小时，预定停留时间只剩 1 个小时。现在他们急急忙忙地开始采集真正的岩石标本。俗话说："他山之石，可以攻玉"，从月球岩石，人们可以窥探许多太阳系的秘密。所以，月岩堪称得上"月亮宝石"。他们把这些标本一个一个地装在

塑料袋中。一采集完岩石就安放观测器。奥尔德林两手提着激光反射器和月震仪，从“鹰”的暗阴处走过来，这些仪器在地面上足有 80 公斤，但在月面上却只需轻轻地提起就走。激光反射器有手提包那么大，是以 100 个水晶棱镜纵横各 10 个排列起来的装置。从地球发射的激光被这反射器反射回去，以测出地球和月球的准确距离。月震仪装有太阳能电池，记录月震波用无线电送回地球。这种月震仪灵敏度极高，人们能在地球上观测月震。这个月震仪的第一号记录就是安装完月震仪后刚刚走开的奥尔德林的脚步声。

预定的 2 小时 40 分钟转眼就过去了。休斯敦下达了停止舱外工作，返回鹰舱的命令。可他们还有好多事没做，真不愿意返回啊。尽管如此，他们还是立即开始执行返回的命令。

离开月球

奥尔德林先爬上舱梯，他站在舱口和下边的阿姆斯特朗一起用穿在滑车上的绳索把标本箱拉上去。

他们二人互相招呼着钻进狭小的舱口。盖紧舱口，输入氧气，待舱内气压上升，他们就卸下背包，脱去登月服，换上舱内宇宙服。登月舱

和母船的对接是有重量限制的，它能携带最大"行李"的重量是30公斤。由于增加了月面标本，就得把返回地球时不需要的装备和物品清理出去，以减轻登月舱的重量。

于是，他们又整理了舱内的东西，再次穿上沉重的登月服，打开舱门，把背包、绳索、登月靴、摄影机等统统扔出舱外。接着又重新关紧舱门，放进空气，提高了温度，使舱内的温度恢复到摄氏15度到20度之间。

此时，阿姆斯特朗和奥尔德林已有20个小时没有合眼了，他们感到很累，在吃完到达月球后的第二顿饭后，他们与休斯敦控制中心通话交换了数据，然后准备睡觉。狭小的登月舱连个躺着的地方都没有，筒形登月舱板上直径只有2米多一点，阿姆斯特朗坐在舱内中央凸出的圆筒形发动机罩上，头和背靠在舱口盖上，脚搭到挂在支柱上的绳套上睡着了。

奥尔德林在地板上找了一块小小的平地，蹲着在那儿睡觉。

在阿姆斯特朗和奥尔德林乘登月舱去月球探险时，柯林斯独自驾着"哥伦比亚"在离月面110公里的绕月轨道上寂寞地飞行。他一遍又一遍地俯视着月球大地，焦急地关注着两个伙

伴的安全。他既要担当地面与两位同伴的中继站工作，又要随时准备在发生意外时进行营救。同时，还要利用测量仪器计算飞船的绕月轨道，相应地修正飞船的飞行位置。

7月21日上午11时15分，休斯敦控制中心向月球上的两位探险者致以亲切的问题，叫醒了已休息7个小时的二位宇航员。还有2小时40分就要从月球出发，去与柯林斯会合。在这之前，他们要接收和测量“哥伦比亚”的轨道踪迹，要把追踪数据输入计算机，计算飞离月面的时间，要检查登月舱上升发动机和点火装置，还要检查登月舱制导和操纵装置。

在月球上起飞是这次登月行动中最让人担心的事情之一。登月舱的起飞动力只有一台小功率的上升发动机，一旦发生故障，哪怕是一个锁片松动，一个销子有缺陷，都可能导致起飞失败。如果那样，两名宇航员没有一点办法，在月球轨道上的柯林斯也无法可想。

休斯敦控制中心下达了起飞命令。指挥人员个个焦急不安，有的人额头上渗出冷汗。奥尔德林镇定地读着逆计时的最后几位数字：“……五……四……三……二……一”阿姆斯特朗按下了电钮，登月舱发动机启动了。

登月舱的上半截起飞后，下半截以及那块刻有字迹的不锈钢纪念牌和期待有象征和平的鹰衔橄榄枝徽章则永远地留在了月球上。

“鹰”飞离月球1分钟后，按照休斯敦的命令改换手动操作，高度在780米，上升速度为每秒39米。

发射已2分钟，一切顺利正常。“鹰”飞得更高，并逐渐倾斜，当上升到18公里后，发动机停止喷射，登月舱以惯性进入椭圆形轨道。

登月舱继续飞行1.9公里后，逐渐追上“哥伦比亚”。不久，两者一起消失在月球背面。当它们再次出现时，人们看到，母船和登月舱已并排前进，两者就差1米了。

这时“鹰”向“哥伦比亚”发出了呼唤。

“鹰，我们已完全对准，可以对接，请开始吧！”

“好的。”

双方都屏住呼吸，密切配合，“哐当”一声，对接上了。阿姆斯特朗激动地喊道：“好！好！鹰属于哥伦比亚了。”

可是，就在这时，发生了一件意料不到的事。没想到三个钩环是轻轻挂上的，要喷射发动机还要把已经插进去的对接针悄悄拔出来，然

后使12根卡销都严实地啮合，这才能牢固地对接。

母船驾驶员柯林斯为了使12根卡销啮合，用手动操作使小火箭喷射。就在这一瞬间，不知为什么，“哐当，哐当”的声音接二连三地传来，合不拢也飞不稳。柯林斯不由大喊：“再来一次，分离！”

他们认为两个飞船没有成为直接对接，准备修正。这种强烈的晃动持续了八九秒后，突然，“哐！”一声大响，12个卡销严实合缝地啮合了，这才是真正的对接成功。他们冷静后才发现，在插进对接针的一瞬间，没找到两个飞行物的轴线，所以，制动发动机就自动工作找正轴线，这样才发生了晃动。

对接一结束，柯林斯立即卸下对接针和舱板，使连接孔变成通路。同时升高指令舱内的压力，从指令舱向鹰舱内吹送氧气。这是为了不使鹰舱内的月球细菌进入指令舱而被带回地球。柯林斯轻飘飘地向鹰舱走去。他首先看到的是炯炯发光的四只眼睛。三个人在通道里把手紧紧地握在一起。接着，阿姆斯特朗和奥尔德林把装有月球岩石的箱子递给柯林斯。这是一份无比珍贵、来之不易的宝贝。柯林斯像迎神接宝似

地把箱子放进贮藏舱内。

这时，三位分别了一天半的战友，重新会聚在指令舱内，他们激动地交谈着，似乎已经分离了半个世纪，有说不完的话，谈不完的感受。

使两位宇航员成功地登月和从月面返回的“鹰”现在已经完成了它的使命。为了使“阿波罗”11号能够轻装返回地球，要把“鹰”甩掉。使它成为一颗人造月球卫星。不久，“鹰”撞击在月面上，制造了一次人工“月震”。

这时候，“阿波罗”11号在绕月轨道上作最后一周——第30周的飞行，马上就要离开月球卫星轨道，奔回地球。休斯敦和阿波罗之间匆忙地交换着服务舱发动机点火的位置、时间等数据，交给计算机计算。

为了保证宇航员在返回地球途中精力充沛，地面控制中心要求他们抓紧时间休息。于是，这一天紧张工作宣告结束。

返回地球

新的一天又开始了。飞船飞过了月球和地球引力中心点，顺利地飞行在地球轨道上。这一天，宇航员的工作不多。他们以地面通话为乐趣，回答地面提出的各种问题。在彩色电视转播的18分钟里，三名宇航员轮流表演了各自的

“绝活”。指令长阿姆斯特朗让观众看存放标本箱的地方。又拿一个小铁盒表演，让观众观看宇宙飞船里的失重状态，像给中学生讲课一样一丝不苟。奥尔德林表演罐头在失重状态下的旋转，柯林斯则拿出水枪，使水滴在飞船内成球形，然后再用嘴腾空吸饮。他们的表演精彩极了，使电视观众大饱眼福。

最后一天终于到了，“阿波罗”11号上的三名宇航员紧张地进入最后的返航准备工作。进入大气层可以说是他们这次月球探险的最后一个关口。如果指令舱冲入大气层的角度小于5.2度，就会掠过大气层的表面，重新飞回太空，等它再飞回来时，舱内的氧气将用完。相反，如果角度大于7.2度，指令舱与稠密的大气层的摩擦会过于剧烈，就会像流星那样被烧毁。所以，飞船在冲入大气层前要进行精确的计算和轨道校正。

“阿波罗”11号不断地向地球接近，速度猛增。在冲进大气层前15分钟，在宇航飞行中与指令舱相依为命的服务舱被甩掉了。

指令舱终于以每秒11公里的高速冲进大气层，强大的冲力与空气产生猛烈的摩擦，空气温度上升到摄氏3000度，红光冉冉，火焰从指令

舱底直窜到它的周围，简直像个火球。

此时，宇航员开始感到强烈的重力影响，他们受到地球表面六倍的加速度重力，面部痉挛，眼球都快要冒出来了。不由得发出“哼哼”的声音。忍耐着巨大的压力。好在指令舱的两个副降落伞和三个主降落伞先后张开，大大减小了指令舱的下落速度，使勇士们渡过了最后的难关。

1969年7月28日，美国东部时间12时55分22秒，“阿波罗”11号飞船载着三位勇敢的宇航员阿姆斯特朗、奥尔德林和柯林斯，平安地返回地面，溅落在夏威夷西南1500多公里的太平洋上。

当指令长阿姆斯特朗“我们已经溅落”的声音传到休斯敦控制中心的时候，全体人员起立，雷鸣般的掌声经久不息。这次“阿波罗”登月计划的实行，总用时195小时18分22秒。在这8个多日夜中，控制中心的工作人员夜以继日地指挥着“阿波罗”的飞行。此时他们怎能不由衷地高兴！在记者席上，阵阵激动的掌声和欢呼声压倒了通讯联络的声音。

指令舱大头朝下地溅落在太平洋，沉到海底。美国向太平洋派遣了一支庞大的救捞船队，他们包括9艘船只、54架飞机和近7000名海

军人员。救捞船队的主角是美国太平洋舰队的“大黄蜂”号航空母舰。美国总统尼克松将亲自登上“大黄蜂”号航空母舰，去欢迎从天而降的勇士们。

“大黄蜂”号母舰上的两架直升飞机立即飞往溅落区域，把潜水员投入海中。他们游向飞船，给它围上一个巨大的橡皮圈，使它浮出海面。一个潜水员打开舱门，把防菌衣递给了宇航员。三名宇航员穿好防菌衣，爬出飞船，坐在一只橡皮艇中等待着。不一会儿，一架直升飞机把他们带到“大黄蜂”号航空母舰上。欢迎的人群齐声欢呼，乐队高奏凯旋曲，总统尼克松主持仪式欢迎月球探险勇士。

人类首次伟大的登月行动，圆满结束了。

